PROPUESTA DIDÁCTICA PARA FAVORECER LA CONSTRUCCIÓN DE REPRESENTACIONES SOBRE LOS ENLACES QUÍMICOS DE GILBERT NEWTON LEWIS A TRAVÉS DE MODELOS EN ESTUDIANTES DE GRADO 10°

SERGIO ANDRÉS BRAVO GUTIÉRREZ

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN
PROYECTO CURRICULAR DE LICENCIATURA EN QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.
2023

PROPUESTA DIDÁCTICA PARA FAVORECER LA CONSTRUCCIÓN DE REPRESENTACIONES SOBRE LOS ENLACES QUÍMICOS DE GILBERT NEWTON LEWIS A TRAVÉS DE MODELOS EN ESTUDIANTES DE GRADO 10°

SERGIO ANDRÉS BRAVO GUTIÉRREZ

Trabajo de grado para optar por el título de Licenciado en Química

Dirigido por:
Dr. Carlos Javier Mosquera Suárez
Universidad Distrital Francisco José de Caldas

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN
PROYECTO CURRICULAR DE LICENCIATURA EN QUÍMICA
BOGOTÁ D.C
2023

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer al Dr. Carlos Javier Mosquera Suárez, quien por medio de sus conocimientos, experiencias e investigaciones realizadas con anterioridad permitió que el presente trabajo saliera adelante, por lo cual, con gratitud, le expreso mi más sincero agradecimiento. Al Proyecto Curricular de Licenciatura en Química, a sus docentes ya que con el pasar del tiempo han logrado generar aportes de gran importancia para la educación en Colombia.

Al Colegio Nacional Nicolás Esguerra IED por abrirme las puertas de la institución para la realización del presente trabajo investigativo; consecuentemente agradezco el apoyo brindado por el docente de la institución Manuel Piñeros por su acompañamiento en la realización de las actividades; y a los estudiantes de los cursos 1001 y 1003 ya que sin ellos la realización de actividades, sesiones de clase e incluso laboratorios no habrían sido posible, ellos por medio de su disposición y motivación hicieron que el desarrollo de la propuesta didáctica fuera significativa.

Cabe resaltar también, el apoyo brindado por mi padre Jaime Hernando Bravo, mi abuelo paterno Julio Horacio Bravo, mi padrino William Bravo, mi abuela materna María del Carmen Beltrán, mi abuela paterna Mercedes Bravo, mi tío Alfonso Gutiérrez, quienes pese a no estar en el plano físico con su apoyo y sus enseñanzas me brindaron las herramientas necesarias para seguir adelante con mis proyectos educativos; principalmente, este trabajo de investigación se refleja como la construcción de una promesa cumplida.

Finalmente, a mi madre Ruth Rubiela Gutiérrez y mi hermano Cristian Bravo por su apoyo, confianza, guía, enseñanzas y, fundamentalmente su voz en los momentos en que más lo necesité. A mi tía Nohora Patricia Gutiérrez, mis primas Karen Barreto e Isabella Gutiérrez por brindarme sus conocimientos a lo largo de todos estos años. Sobre todo, agradecer a mi compañera de proyecto de vida Ángela Tatiana Rodríguez por ser uno de los pilares fundamentales en el desarrollo y aplicación de la propuesta.

TABLA DE CONTENIDO

JUSTIFICACIÓN 15
OBJETIVO GENERAL 17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS 17
PREGUNTA PROBLEMA 18
ANTECEDENTES 19
MARCO TEÓRICO 27
EL DESARROLLO HISTÓRICO DEL ENLACE QUÍMICO DURANTE EL SIGLO XIX 28
DALTON Y LOS APORTES DE LA TEORÍA ATÓMICA 29
LAS PRIMERAS NOCIONES ACERCA DEL ENLACE QUÍMICO EN EL SIGLO XIX 35
EL ENLACE QUÍMICO DESDE 1819 HASTA 1897 37
ATOMISMO Y ENERGETISMO 42
EL DESARROLLO HISTÓRICO DEL ENLACE QUÍMICO DURANTE EL SIGLO XX 45
LA TEORÍA DEL ENLACE POLAR DE WALTER KOSSEL 51
LOS APORTES DE IRVING LAGMUIR EN LA DISPOSICIÓN DE LOS ELECTRONES EN ÁTOMOS Y MOLÉCULAS 55
GILBERT NEWTON LEWIS Y EL MODELO CÚBICO DE ÁTOMOS Y MOLÉCULAS 63
CONSIDERACIONES DIDÁCTICAS EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA 86
MODELOS EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA 88
TIPOS DE MODELOS EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA 91
TIPOS DE REPRESENTACIONES EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA 97
PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO EN LA CULTURA EDUCATIVA 100
IDEAS PREVIAS Y DIFICULTADES EN EL APRENDIZAJE DEL ENLACE QUÍMICO EN LA EDUCACIÓN MEDIA 103
DISEÑO METODOLÓGICO 110
MARCO NORMATIVO 110
ENFOQUE Y METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN 116
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA POBLACIÓN OBJETIVO 117
ETAPAS DEL DISEÑO DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA 118
MAPAS DE DISEÑO CURRICULAR SOBRE LOS ENLACES QUÍMICOS 119
DISEÑO Y ESTRUCTURACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA 124
ACTIVIDADES PROPUESTAS PARA EL DESARROLLO DE LA UNIDAD DIDÁCTICA 127

PROCESO Y DISEÑO DE LOS INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN 138
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES 147
RESULTADOS 155
RESULTADOS ACTIVIDAD DE EXPLORACIÓN DE IDEAS 155
RESULTADOS ACTIVIDAD DE INTRODUCCIÓN DE CONCEPTOS 162
RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD DE SÍNTESIS 170
RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD DE APLICACIÓN Y TRANSFERENCIA 177
RESULTADOS DEL POST TEST DE EXPLORACIÓN DE IDEAS PREVIAS Y LABORATORIO DE CRISTALOGRAFÍA 183
ANÁLISIS DE RESULTADOS 190
CONCLUSIONES 199
RECOMENDACIONES 202
BIBLIOGRAFÍA 203
ANEXOS 210
ANEXO 1: MATRICES BIBLIOGRÁFICAS PARA LA REVISÓN DOCUMENTAL DE LOS ANTECEDENTES 210
ANEXOS 2: ACTIVIDADES DE LA UNIDAD DIDÁCTICA 219
ANEXO 2.1 220
ANEXO 2.2 223
ANEXO 2.3 225
ANEXO 2.4 228
ANEXO 2.5 231

LISTA DE FIGURAS

Figura No. 1: *Las seis ideas básicas de la teoría atómica de Dalton.*

Figura No. 2: *Escala de electronegatividad de Berzelius.*

Figura No. 3: *Fórmulas gráficas de Kekulé.*

Figura No. 4: *Fórmulas de representación de valencia planteadas por Foster.*

Figura No. 5: *Tendencias conceptuales entre el atomismo y el energetismo.*

Figura No. 6: *Clasificación de las propiedades de sustancias polares y no polares de Gilbert N. Lewis*

Figura No. 7: *Estructuras que representan el modelo atómico cúbico planteado por Gilbert N. Lewis donde los círculos corresponden a los electrones de valencia de cada elemento.*

Figura No. 8: *Representaciones gráficas utilizadas por Gilbert N. Lewis y Walter Kossel respectivamente para el átomo de argón.*

Figura No. 9: *Primer esquema sobre la clasificación de los modelos en dos tipos.*

Figura No. 10: *Segundo esquema sobre la clasificación de los modelos en tres tipos.*

Figura No. 11: *Clasificación de los modelos en las ciencias.*

Figura No. 12: *Niveles de representación y/o pensamiento de Johnstone.*

Figura No. 13: *Proceso de construcción del conocimiento científico.*

Figura No. 14: *Fases de una estrategia de enseñanza con enfoque constructivista.*

Figura No. 15: *Proceso de construcción del conocimiento científico.*

Figura No. 16: *Dificultades encontradas en el proceso de enseñanza y aprendizaje del enlace químico.*

Figura No. 17: *Mapa de diseño curricular sobre el concepto general del enlace químico.*

Figura No. 18: *Mapa de diseño curricular sobre el desarrollo histórico del concepto del enlace químico en el siglo XX.*

Figura No. 19: *Mapa de diseño curricular los aportes realizados por Gilbert Newton Lewis a la concepción del enlace químico.*

LISTA DE TABLAS

Tabla No. 1: *Los doce principios del atomismo de Epicuro.*

Tabla No. 2: *Estructuras propuestas por Langmuir para diferentes compuestos.*

Tabla No. 3: *Clasificación de algunos elementos químicos respecto a sus cargas positivas.*

Tabla No. 4: *Características de los modelos en las ciencias.*

Tabla No. 5: *Criterios de los modelos en las ciencias.*

Tabla No. 6: *Interpretación de los modelos por parte de estudiantes (aprendices) y docentes (expertos).*

Tabla No. 7: *Concepciones alternativas de los estudiantes acerca del enlace químico.*

Tabla No. 8: *Planteamiento de la unidad didáctica acerca de la propuesta para favorecer la construcción de representaciones sobre los enlaces químicos de Gilbert Newton Lewis a través de modelos en estudiantes de décimo grado.*

Tabla No. 9: *Diseño y organización de la actividad de exploración de ideas previas.*

Tabla No. 10: *Diseño y organización de la actividad de introducción de conceptos.*

Tabla No. 11: *Diseño y organización de la actividad de síntesis.*

Tabla No. 12: *Diseño y organización de la actividad de aplicación y transferencia.*

Tabla No. 13: *Rúbrica de evaluación según los criterios establecidos para la actividad de exploración.*

Tabla No. 14: *Rúbrica de evaluación según los criterios establecidos para la actividad de introducción de conceptos.*

Tabla No. 15: *Rúbrica de evaluación según los criterios establecidos para la actividad de síntesis.*

Tabla No. 16: *Rúbrica de evaluación según los criterios establecidos para la actividad*

de aplicación y transferencia.

Tabla No. 17: *Cronograma de actividades relacionados a los días del mes de abril del año 2023.*

Tabla No. 18: *Programación horaria por cursos de las actividades de exploración e introducción de conceptos del 10 de abril al 14 de abril.*

Tabla No. 19: *Programación horaria por cursos de las actividades de introducción de conceptos y síntesis del 17 de abril al 21 de abril.*

Tabla No. 20: *Programación horaria por cursos de las actividades de síntesis, aplicación y transferencia del 24 de abril al 28 de abril.*

Tabla No. 21: *Resultados obtenidos en el instrumento de exploración de ideas previas de 1001.*

Tabla No. 22: *Resultados obtenidos en el instrumento de exploración de ideas previas de 1003.*

Tabla No. 23: *Resultados obtenidos en el instrumento de introducción de conceptos de 1001.*

Tabla No. 24: *Resultados obtenidos en el instrumento de introducción de conceptos de 1003.*

Tabla No. 25: *Resultados obtenidos en la actividad de síntesis de 1001. Elaboración propia (2023).*

Tabla No. 26: *Resultados obtenidos en la actividad de síntesis con el curso 1003. Elaboración propia (2023).*

Tabla No. 27: *Resultados obtenidos en la actividad de aplicación y transferencia con el curso 1001. Elaboración propia (2023).*

Tabla No. 28: *Resultados obtenidos en la actividad de aplicación y transferencia con el curso 1003. Elaboración propia (2023).*

Tabla No. 29: *Resultados obtenidos en el post test de exploración de ideas previas con el curso 1001. Elaboración propia (2023).*

Tabla No. 30: *Resultados obtenidos en el post test de exploración de ideas previas con el curso 1003. Elaboración propia (2023).*

LISTA DE IMÁGENES

Imagen No. 1: *Sistema de símbolos de elementos químicos.*

Imagen No. 2: *Sistema de símbolos químicos de John Dalton y algunos átomos compuestos.*

Imagen No. 3: *Regla de Abegg para valencias normales y contravalencias.*

Imagen No. 4: *Representaciones del metano (a la izquierda) y el tetraclorometano (a la derecha).*

Imagen No. 5: *Representación del Etano.*

Imagen No. 6: *Fórmulas estructurales del amoníaco y del cloruro de amonio*

Imagen No. 7: *Fórmulas estructurales de Bray y Branch.*

Imagen No. 8: *Modelos de Bohr para sistemas moleculares para el hidrógeno (parte superior izquierda), el oxígeno (parte inferior izquierda) y el agua (derecha).*

Imagen No. 9: *Gráfico de los estados de oxidación positivos y negativos máximos de Kossel.*

Imagen No. 10: *Representación del átomo de Neón de Kossel.*

Imagen No. 11: *Representación de la formación de cloruro de sodio y relación entre metales y halógenos.*

Imagen No. 12: *Imagen de la clasificación de los elementos respecto a la disposición de los electrones (horizontal) y sus números atómicos (vertical).*

Imagen No. 13: *Relación entre la fuerza del entorno polar (en el eje X) y el grado de polaridad de la sustancia (en el eje Y).*

Imagen No. 14: *Estructuras originales que representan el modelo atómico cúbico planteado por Gilbert N. Lewis en su memorándum 1902 donde los círculos corresponden a los electrones de valencia de cada elemento.*

Imagen No. 15: *Representaciones de las diferentes formas de la molécula de yodo* I_2*.*

Imagen No. 16: *Representación de la molécula de agua.*

Imagen No. 17: *Representación gráfica para la fórmula química de la formación del ion amonio* NH_4^+*.*

Imagen No. 18: *Representación gráfica para los iones rodeados por cuatro átomos de oxígeno en los que todos los átomos involucrados tienen ocho electrones de valencia en su capa más externa.*

Imagen No. 19: *Forma típica (A) y tautomérica (B) de la molécula de oxígeno formando compuestos de adición.*

Figura No. 20: *Representaciones gráficas utilizadas por Gilbert N. Lewis y Walter Kossel respectivamente para el átomo de argón.*

Imagen No. 21: *Representación de la disposición de los imanes elementales (electrones) en los metales de transición.*

Imagen No. 22: *Modelo gráfico de Parsons (1915) para los átomos de cloro e hidrógeno respectivamente, ambos en estado diatómico.*

Imagen No. 23: *Representación de Gilbert Newton Lewis para la molécula de cloro diatómico mediante el uso de puntos, los cuales los más grandes hacen referencia a los electrones de valencia.*

Imagen No. 24: *Representación tetraédrica de los átomos y electrones de valencia.*

Imagen No. 25: *Compilado de las actividades de exploración de ideas previas. Fotografía tomada por Bravo (2023).*

Imagen No. 26: *Aplicación de la actividad de exploración de ideas previas con el curso 1003. Fotografía tomada por Bravo (2023).*

Imagen No. 27: *Respuestas de un estudiante de 1001 respecto a la caracterización de las imágenes presentadas que corresponden a diferentes modelos planteados a lo largo de la historia de los enlaces químicos y la analogía del campo de fútbol. Fotografía tomada por Bravo (2023).*

Imagen No. 28: *Primera parte de la introducción de conceptos la cual se realizó haciendo un recorrido histórico por los aportes realizados a la construcción de diferentes modelos y representaciones de enlace químico. Fotografía tomada por Bravo (2023).*

Imagen No. 29: Respuestas de un estudiante de 1001 respecto a la relación entre los autores con su respectivo modelo de enlace químico. Fotografía tomada por Bravo (2023).

Imagen No. 30: *Respuestas de un estudiante de 1001 respecto a la identificación por medio del lenguaje visual y escrito de los modelos de enlace químico del siglo XX. Fotografía tomada por Bravo (2023).*

Imagen No. 31: *Estudiantes de grado 1003 realizando las actividades de introducción de conceptos complementándolas por medio del trabajo cooperativo. Fotografía tomada por Bravo (2023).*

Imagen No. 32: *Representaciones de diferentes compuestos con la utilización de frutas, la naranja (Cloro), el limón (Oxígeno), las uvas (Hidrógeno) y el durazno (Carbono). La primera imagen corresponde a la representación del cloruro de sodio, la segunda al agua, la tercera al tetracloruro de carbono y la cuarta al metano. Fotografía tomada por Bravo (2023).*

Imagen No. 33: *Explicación previa a la realización de representaciones de compuestos y moléculas por medio de frutas con el curso 1001. Fotografía tomada por Bravo (2023).*

Imagen No. 34: *Líneas del tiempo elaborada por diferentes estudiantes de los cursos 1001 y 1003 de acuerdo al recorrido histórico realizado respecto a los modelos de enlace químico. Fotografía tomada por Bravo (2023).*

Imagen No. 35: *Esquemas realizados por diferentes estudiantes de 1001 y 1003 para dar a conocer los aportes de Gilbert N. Lewis (1916-1923). Se observa el uso de esquemas diferentes al mapa conceptual solicitado. Fotografía tomada por Bravo (2023).*

Imagen No. 36: *Esquema realizado por una estudiante de 1001 en el que resalta la importancia de los aportes de Gilbert N. Lewis al enlace químico. Fotografía tomada por Bravo (2023).*

Imagen No. 37: *Representaciones de diferentes compuestos y moléculas a través del modelo cúbico planteado por Gilbert N. Lewis. Se observan las estructuras del agua, el oxígeno molecular y el tetracloruro de carbono. Fotografía tomada por Bravo (2023).*

Imagen No. 38: *Representaciones de diferentes compuestos, en el primero se puede observar la estructura propuesta para el trióxido de dinitrógeno en el que usó el modelo cúbico del átomo; el segundo representa la estructura del metano mediante esferas que muestran su geometría molecular. Fotografía tomada por Bravo (2023).*

Imagen No. 39: *Materiales utilizados para la realización del laboratorio de crecimiento de cristales de sal y azúcar. Fotografía tomada por Bravo (2023).*

Imagen No. 40: *Resultados de algunos estudiantes de grado 1001 y 1003 del proceso de cristalización de la sal. Fotografía tomada por Bravo (2023).*

Imagen No. 41: *Cristales de sal vistos desde el microscopio con objetivo 40x donde se evidencia su estructura cristalina. Fotografía tomada por Bravo (2023).*

JUSTIFICACIÓN

A lo largo de la historia de la educación, se han utilizado herramientas y estrategias didácticas que se diseñan con el fin de generar acciones de pensamiento propias del campo de las ciencias, desarrollar habilidades enmarcadas en la comunicación tanto escrita como oral y, consecuentemente fortalecer los procesos de enseñanza y aprendizaje de los actores educativos. Sin embargo, los análisis recogidos de las experiencias en el aula permiten obtener un panorama general de la educación en donde los diseños micro curriculares se limitan a los componentes evaluativos (cuantitativos mayoritariamente) en los cuales los modelos o estructuras cognitivas primarias del alumnado pasan a un segundo plano.

Según Velasco y Garritz (2002), los estudiantes de ciencias naturales poseen su propia visión, explicación y lenguaje frente a los fenómenos de la naturaleza que usualmente son diferentes a la opinión de la comunidad científica, aunque tanto unos como otros usan similitudes y diferencias para organizar hechos y fenómenos mediante la observación, que permiten establecer relaciones en la construcción de estructuras y modelos y de esta manera lograr hacer predicciones, es allí donde por medio de las habilidades cognitivas y cognitivo lingüísticas los estudiantes se acercan al quehacer en el campo de las ciencias naturales, expresadas tanto de manera escrita como de manera visual e icónica.

Existen documentos que soportan la importancia del dibujo, el lenguaje visual e icónico en las representaciones que tiene el estudiantado y cómo estos contribuyen a los

modelos que se generan en ellos respecto a diferentes temáticas de las ciencias (Llombart, 2015), dentro de las experiencias didácticas de la práctica docente se han evidenciado como algunos estudiantes encuentran en el dibujo una manera de describir y explicar ciertas situaciones en el ámbito de las ciencias naturales. Es por ello, que el desarrollo de las habilidades cognitivo lingüísticas a través de la lectoescritura y el dibujo generarán en los estudiantes sus propias modelizaciones para dar un sentido u explicación a las diferentes teorías en este caso las que conciernen al enlace químico. El conocimiento no es estático, sino que con el pasar del tiempo se va transformando debido a nuevos descubrimientos que conllevan la evolución del mismo, por ende, la revisión histórica de las transformaciones que han surgido con el fin de entender las interacciones del mundo microscópico, otorgan un panorama general para contrastar las modelizaciones que tengan los estudiantes con las que el conocimiento científico se ha venido estudiando con el tiempo, así existirá una correlación representativa influenciada por aportes de las situaciones propias de cada uno.

Por último, La propuesta planteada en el presente trabajo se diseña con el fin de aplicarse en el Colegio Nacional Nicolás Esguerra IED con una muestra determinada de estudiantes de grado décimo de educación media. Se espera que el desarrollo de la propuesta investigativa arroje elementos de análisis sobre el quehacer educativo respecto a las ciencias, en especial la rama de la química que aborda conceptualizaciones de alta complejidad, donde los estudiantes pueden llegar a acercarse a las teorías que presentan estos niveles dificultad; a su vez, de lograr que los estudiantes generen modelizaciones de manera significativa a partir de sus experiencias

y, en contraste, con los aportes realizados en años anteriores por diferentes científicos que contribuyeron al entendimiento de las interacciones que se presentan a nivel atómico entre elementos y compuestos.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar una unidad didáctica de naturaleza constructivista para desarrollar con estudiantes de grado 10° de educación media la elaboración de modelos y representaciones acerca de los enlaces químicos propuestos desde las teorías de Gilbert Newton Lewis para explicar propiedades químicas de los elementos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar una trama histórica sobre el desarrollo de teorías sobre el enlace químico en el siglo XIX y hasta las propuestas de Gilbert Newton Lewis.

- Diseñar y aplicar una unidad didáctica dirigida a favorecer aprendizajes mediante la elaboración de modelos a través de representaciones sobre uniones químicas que promuevan el desarrollo del pensamiento científico y aprendizaje significativo para explicar las propiedades de elementos y compuestos.

- Desarrollar en los estudiantes de grado décimo las competencias comunicativas, procedimentales, conceptuales y actitudinales mediante la incorporación de resultados de aprendizaje para cada una respectivamente.

- Incorporar en la unidad didáctica propuesta, estrategias de evaluación mixta que faciliten la exploración de ideas de los estudiantes, de modo que, a partir de

situaciones cotidianas, se expliquen representaciones sobre uniones químicas.

PREGUNTA PROBLEMA

Teniendo en cuenta lo expuesto en el anterior apartado se plantea la siguiente pregunta problema como eje de la investigación didáctica a realizar, tomando como referencia principal la necesidad de comprender las nociones a nivel representacional que tienen los estudiantes de grado décimo respecto a los enlaces químicos.

¿De qué manera la implementación de una propuesta didáctica de naturaleza constructivista, promueve la construcción de representaciones sobre enlaces químicos teniendo en cuenta las propiedades de elementos y compuestos en estudiantes de grado décimo de educación media tomando como referentes los aportes de Gilbert Newton Lewis?

ANTECEDENTES

En un comienzo, la construcción de los antecedentes se realizó mediante la búsqueda en las bases de datos Science Direct, Revistas UNAM, Dialnet, ORCID, Wiley Online Library, Springer Link, Revistas ITM, DIGIBUG, Repositorio UAM, Biblioteca digital Univalle y Revistas UCA; posteriormente se realizaron algunas de las matrices bibliográficas de los documentos encontrados (Anexo. 1) con el fin de establecer la importancia de los mismos en cuanto a los temas abordados en la presente propuesta didáctica. Como resultado de la búsqueda se encontraron 6 artículos latinoamericanos (2 de Chile, 2 de Colombia, 1 de Uruguay y 1 de Brasil), 4 artículos europeos (2 de Alemania y 2 de España) y finalmente 2 artículos de México correspondientes a la región centroamericana; lo anterior permite analizar los puntos de vista de algunos autores acerca de la problemática a tratar en este trabajo.

Los contenidos presentados en el marco normativo legal vigente dados por el Ministerio de Educación Nacional (MEN) para el área de las ciencias naturales (entre ellos los enlaces químicos), presentan desafíos para los docentes tanto en el campo profesional como en el campo formativo, en el entendimiento de los modelos y las representaciones en las ciencias por parte de los diferentes actores educativos; Por lo anterior, se han realizado investigaciones a lo largo de los años en el ámbito nacional e internacional que relacionan la construcción de los modelos con los aprendizajes adquiridos, los cuales permiten acercarse a la comprensión de conceptos y teorías de las ciencias naturales específicamente en el área de la química.

Para esta área de las ciencias, en el ejercicio docente existe un interés mayoritario por la construcción de conocimientos en el aula por medio de las discusiones que se dan en el campo científico donde, a su vez, se involucran temas relacionados con la historia y la filosofía de las ciencias. Dichos temas se ven permeados inevitablemente por los contextos sociales tanto de los estudiantes como de los docentes; Lo anterior entonces, se plantea como una forma de actualizar los contenidos impartidos a las realidades más próximas de los actores educativos. Es allí donde se encuentran las discusiones referentes a los modelos los cuales juegan un papel muy importante en el devenir del conocimiento (Chamizo, 2006).

Los modelos aparecen en la literatura didáctica de la química como un concepto de carácter polisémico, es decir, con diferentes significados de acuerdo a determinados contextos, autores y pensamientos; Debido a ello, se puede encontrar una gran cantidad de investigaciones, conferencias y artículos que aportan al debate acerca de los modelos. Para comprender la naturaleza de los modelos en las ciencias se debe tener en cuenta que, un modelo, como lo menciona Chamizo (2006), está relacionado de manera directa con la representación de un objeto, sistema o proceso, y que es utilizado como instrumento para responder las preguntas de la ciencia, es decir, que responde a un camino a seguir cuando no se obtiene información de manera directa, y que generalmente están ligados a la explicación de fenómenos macroscópicos a nivel submicroscópico (Bindernagel y Eilks, 2008).

Teniendo en cuenta lo anterior, al momento de investigar en la didáctica de las

ciencias se pueden encontrar estrategias de enseñanza y aprendizaje que pretenden contribuir a que los estudiantes puedan realizar la explicación a dichos fenómenos, algunas de estas estrategias (por mencionar algunas) pueden ser la resolución de problemas y las analogías. Para Justi (2002), las analogías se formulan ya que permiten la comprensión de un fenómeno o de un problema. A su vez, las analogías guardan una relación con los modelos sin ser enteramente semejantes, estas permiten la derivación de hipótesis y/o predicciones para posteriormente ser sometidos a pruebas (Chamizo, 2006).

Así mismo, en la diversidad de investigaciones y artículos publicados en revistas científicas alrededor del mundo, se encuentra establecida la variabilidad en los tipos de modelos que se pueden encontrar dependiendo del contexto en el que estos se apliquen; por ejemplo, Jong y Taber (2007) realizan la distinción entre los modelos científicos para desarrollar, probar y explicar teorías, modelos curriculares como modelos científicos didácticamente reducidos para enseñar a un grupo destinatario específico y modelos pedagógicos para comunicar modelos curriculares (citado en Bindernagel y Eilks, 2008, p. 13). A su vez, se establecen los modelos de consenso que consisten en la susceptibilidad a la aceptación y consenso a los que pueda ser sometido el modelo en la comunidad científica (Bindernagel y Eilks, 2008).

En artículos más recientes, se ha tomado como punto base el entendimiento por los constantes avances de la sociedad en relación a la producción investigativa acerca de la comprensión y enseñanza de las ciencias mediante el uso de diferentes modelos.

Según esto, para Asencios, Trujillo, y Chávez (2022) existen cinco tipos de modelos establecidos entre los modelos curriculares citados por Bindernagel y Eilks (2008), los modelos como mediadores de teorías, como representaciones, como aproximaciones inductivas, de ficción y con simulaciones de computación. Se presenta entonces una gran variabilidad de modelos en la didáctica de las ciencias que requieren de una condición en común y es que los modelos sean más simples en cuanto a forma y comportamiento que la realidad del objeto a estudiar (Asencios, Trujillo, y Chávez, 2022).

Por otra parte, en las aulas de clase se establecen diversas interacciones sociales en las que conviven culturas y formas de percibir el mundo, es por ello que Jorba (2000) establece la socialización como la integración activa de las personas en una comunidad y cultura concretas donde esta actúa progresivamente, mediante el aumento de las posibilidades de acción de los aprendices; En este tipo de interacción compartida se favorece la apropiación de ciertos aprendizajes en el estudiantado y como lo relatan algunas investigaciones, en los docentes, resultando en una construcción conceptual a través de los modelos estructurales representados en textos literarios e incluso en el dibujo.

Como consecuencia, se han realizado investigaciones que resaltan la importancia del lenguaje en el aprendizaje de la química, a su vez de las dificultades que se presentan en el proceso de enseñanza y aprendizaje relacionados a este. El lenguaje científico no resulta inequívoco, ni desnudo de connotaciones o significados implícitos (Lorenzo, 2021), por ende, es allí donde se presenta la mayoría de las dificultades tanto en

estudiantes como en docentes en formación. Para Markic y Childs (2016), la complejidad que se presenta en el lenguaje químico proviene de la inclusión de palabras y términos técnicos, palabras comunes o no-técnicas, conexiones lógicas, instrucciones, argumentaciones y un discurso particular que conforman textos difíciles de comprender por su baja legibilidad para el lector inexperto.

Además, en el análisis de estas dificultades aparecen dos tipos de leguaje, el cotidiano y el técnico. En la ciencia especializada se utiliza un lenguaje técnico que no solo contiene términos nuevos, sino que también utiliza estos términos para representar una forma de pensar específica de la química, que en algunos casos difiere considerablemente de la forma de pensar cotidiana (Reiners y Saborowski, 2017). Sin embargo, el lenguaje cotidiano presenta una dependencia al contexto por lo que para el caso de la química como lo menciona García (2019), algunas palabras que se utilizan provienen del lenguaje cotidiano (citado en Lorenzo, 2021, p. 10), y presentan una característica de resignificación acordes al contexto donde se apliquen, generando diferentes enfoques en cada comunidad.

Es el caso de la enseñanza de las ciencias en los contextos rurales en Colombia, donde se deben implementar estrategias para contribuir en el proceso de aprendizaje de los estudiantes, allí el contexto facilita que se establezcan puentes o conexiones entre los nuevos conceptos o las teorías y la realidad, aminora la separación entre ambos, de manera que el aprendizaje puede resultar significativo para el estudiante (Galvis, 2022); Teniendo en cuenta las condiciones y los avances en los que se ha venido desarrollando

los contextos nacionales e internacionales, sobresale la necesidad de, como lo menciona Villamañán et al. (2013), establecer un acercamiento entre la ciencia real y la ciencia impartida en las aulas, lo que se conoce como alfabetización científica y tecnológica (citado en Galvis, 2022).

Es importante resaltar que, pese a que el lenguaje verbal y escrito juegan un papel fundamental en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los contenidos en química, en la mayoría de ocasiones se dejan de lado los aportes del lenguaje visual de los estudiantes. Para Bruner (1963), la estructura cognitiva previa del alumno provee significado, permite organizar sus experiencias e ir más allá de la información dada; Dicho autor tal y como lo mencionan Reiners y Saborowski (2017), plantea lo que en la literatura alemana de didáctica de las ciencias se reconoce como *EIS- prinzip* que involucra las *darstellungsform Enaktive, Iconische und symbolische*, formas en los que los seres humanos representan la realidad a través del lenguaje visual.

En consecuencia, el lenguaje visual incorpora información a las estructuras cognitivas facilitando los procesos de descripción y siendo de gran importancia para la construcción de conocimiento (Llombart, 2015). Sobre esto, se plantea que las formas de representación que son particularmente relevantes en las ciencias naturales pueden agruparse en un contexto jerárquico en el que el grado de abstracción aumenta de abajo hacia arriba (Reiners y Saborowski, 2017), allí los estudiantes progresivamente y a medida que se avanza en las temáticas a trabajar logra alcanzar ciertos niveles que le permitirán la comprensión de la misma.

De allí que uno de los contenidos de mayor importancia en la investigación didáctica de las ciencias sean los enlaces químicos, dicho tema comprende uno de los conceptos de mayor dificultad para los estudiantes; Según Gagliardi y Giordan (*1986*), los enlaces químicos representan un concepto estructurante (citado por González, et al., 2018*)* es decir, que está asociado a la comprensión de las propiedades físicas y químicas de las sustancias, así como a fenómenos y procesos diversos que involucran tanto las reacciones químicas como la dureza y conductividad eléctrica de dichas sustancias *(*Ángel, 2018*)*.

Desde esta perspectiva algunos autores han obtenido resultados que contribuyen a la discusión acerca de la enseñanza de los enlaces químicos, por ejemplo González, et al*.,* (2018) en su artículo *"Concepciones alternativas de los alumnos de Educación Secundaria sobre el enlace químico"* señalan que la mayoría de los alumnos no sabe identificar las distintas formas en que se pueden presentar las sustancias (átomos libres, moléculas o estructuras gigantes), confunden los distintos tipos de sólidos cristalinos y asocian las sustancias moleculares a estructuras gigantes (o viceversa) y los gases a moléculas, puesto que casi todos los gases que conocen están formados por moléculas (generalmente moléculas diatómicas) y no consideran posible la existencia de los gases nobles que se presentan en forma de átomos aislados.

Por otra parte, se plantea que si en la enseñanza del enlace químico, el docente, a través de sus estrategias y actividades, hiciera énfasis en la relación que se da entre

los niveles macroscópicos, submicroscópicos y su representación simbólica, habría más estudiantes interesados en el campo de las ciencias con aprendizajes significativos (Ángel, 2018*).* En contraste Williams (2021), realiza una investigación enfocada a las representaciones que se utilizan en los libros de enseñanza de la química para el tema de los enlaces químicos en Chile, allí menciona qué las imágenes encontradas en los libros de texto requieren que los estudiantes tengan conocimientos específicos de los temas abordados, además de que dichos textos no presentan una relación entre los elementos que forman parte de la imagen, afectando así la comprensión y el aprendizaje de la misma.

Finalmente, los modelos en la didáctica de las ciencias resultan ser uno de los principales ejes de investigación en las dinámicas académicas actuales, por lo que es común encontrar diferentes artículos que permiten avanzar en la construcción de una enseñanza de las ciencias en la base de la comprensión y la motivación tanto de estudiantes como docentes donde por medio de su propio razonamiento puedan cambiar y encontrar errores y respuestas, separar sus ideas, y ponerlas juntas de manera diferente; así como ser conscientes de la relación indisoluble y esencial entre la realidad externa al aula y lo que se estudia dentro de ella (Tejada, 2018).

MARCO TEÓRICO

En el marco de la enseñanza de las ciencias naturales, es importante reconocer cada uno de los elementos que aportan al desarrollo teórico y práctico de los contenidos que se presentan tanto en las aulas de clase, como en los grandes espacios de discusión científica a nivel nacional e internacional. De allí, que en las investigaciones realizadas en el campo de la química se aborden temas como la historia y la epistemología, lo anterior referido al estudio de los conceptos desde sus orígenes, sus bases conceptuales, la incidencia y relación con otros conceptos de otras ciencias (entre ellas las sociales), con el fin de comprender los cambios a los que se vieron sometidos a lo largo de la historia y los planteamientos pedagógicos que podrían contribuir a la adquisición de los conocimientos científicos en el aula (Cubillos, et al.,1989).

En el presente capítulo se abordan los aportes teóricos e históricos acerca del concepto de enlace químico, las concepciones acerca del modelo de átomos y moléculas planteadas por Gilbert N. Lewis (1875-1946) e Irving Langmuir (1881-1957), su desarrollo durante el siglo XIX e inicios del siglo XX, los aportes realizados como preámbulo a la química cuántica y las dificultades presentadas tanto en el modelo de Lewis-Langmuir como en su enseñanza y aprendizaje en las aulas de clase; Así como las consideraciones en el marco de la pedagogía y el desarrollo de los modelos en la química que permitirán dar respuesta a la pregunta problema planteada al inicio del proceso de investigación.

EL DESARROLLO HISTÓRICO DEL ENLACE QUÍMICO DURANTE EL SIGLO XIX

Ante todo, durante el siglo XIX se presentó, tal y como lo establece Villaveces (1989), la principal idea en el ámbito de la química referente a la teoría atómica de Dalton que permitiría dar base teórica a las leyes de la conservación de la materia. Dentro de los grandes aportes para el desarrollo del conocimiento científico se encontraban los debates entre los llamados atomistas y antiatomistas; También denominada por los químicos la controversia atomismo-energetismo (González, 2006).

Se puede señalar que el siglo XIX fue una de las épocas de mayor discusión entre las explicaciones que tomaban como referencia los avances presentados por la química (tales como las leyes cuantificadoras de las reacciones químicas) y la física, que establecía un modelo estructural de la materia para la justificación de fenómenos netamente físicos (González, 2006). Sobre esto para los físicos los átomos eran considerados, según Chamizo, et al*.,* (1991) como partículas inelásticas o puntos inerciales, mientras que para los químicos se consideraban componentes esenciales de los elementos; Sin embargo, la hipótesis que se manejaba pese a ser considerada útil, no se reconocía su existencia como partícula material ni verificable. Para comprender de una manera más amplia los desarrollos del conocimiento científico desde los ámbitos históricos y teóricos que contribuyeron a establecer la existencia de los enlaces químicos, se debe tener en cuenta que, las primeras nociones de los enlaces químicos se presentarían antes de que, en 1808 los conceptos de átomo y molécula fuesen introducidos por John Dalton en una época donde en el pensamiento científico predominaban las ideas de Sir Isaac Newton (1643-1727) en la física, y de Antoine

Lavoisier (1743-1794) en el campo de la química (Chamizo, et al., 1991*).*

DALTON Y LOS APORTES DE LA TEORÍA ATÓMICA

Uno de los elementos históricos y epistemológicos de mayor importancia que se resalta en diferentes textos de química es, sin lugar a duda, la teoría atómica de John Dalton, quién ha sido considerado erróneamente como el padre de la teoría atómica (Cubillos, et al., 1989). Sobre lo anterior Cubillos, Poveda y Villaveces (1989) plantean que, es importante resaltar que en la antigüedad se encuentran los vestigios del atomismo como teoría no dominante, en ese entonces las explicaciones tenían lugar en el campo del sustancialismo. Como precursores de los conceptos de átomo y molécula postulados por Dalton se nombra, generalmente, a los filósofos griegos Demócrito y Leucipo; sin embargo, existen aportes de la escuela jónica específicamente del filósofo presocrático Anaxágoras quien recogía la idea de que la materia estaba constituida por pequeñas partículas fundamentales que se combinaban para dar lugar a cada ser.

Teniendo en cuenta lo anterior, Demócrito y Leucipo tomaron esta idea y le añadieron la concepción nueva de vacío con el fin de explicar el movimiento de los átomos. Otro de los filósofos griegos de mayor relevancia para la construcción de las bases de las teorías atomistas fue Epicuro, siendo este el responsable de la creación de la escuela atomista de mayor duración en la historia (Cubillos, et al., 1989). Posteriormente, codificó los doce principios elementales del atomismo que se presentan en la siguiente tabla teniendo en cuenta lo mencionado por los autores Cubillos, Poveda y Villaveces en 1989:

LOS DOCE PRINCIPIOS DEL ATOMISMO DE EPICURO	
1. *La materia es increada.*	***7.*** *La extensión del vacío es infinita.*
2. *La materia es indestructible.*	***8.*** *La velocidad del movimiento atómico es uniforme.*
3. *El universo consiste en cuerpos sólidos y vacío.*	***9.*** *El movimiento es lineal en el espacio, vibratorio en los compuestos.*
4. *Los cuerpos sólidos son simples o compuestos.*	***10.*** *Los átomos son capaces de desviarse lentamente en cualquier punto del tiempo y del espacio.*
5. *El número de átomos es infinito.*	***11.*** *Tres cualidades caracterizan a los átomos: peso, forma y tamaño.*
6. *Los átomos se hallan siempre en movimiento.*	***12.*** *La cantidad de formas distintas no es infinita, sino simplemente innumerable.*

Tabla No. 1: Los doce principios del atomismo de Epicuro. tomado de Cubillos, A. G., Poveda, G. F. M., & Villaveces, C. J. L.,1989. Elaboración propia (2023).

Los principios enunciados por Epicuro dieron lugar a discusiones en las que la escuela de los estoicos lo acusaban de haber copiado la doctrina democritiana. Desde las primeras nociones y postulados acerca del átomo por los antiguos griegos hasta la teoría atómica de Dalton se dieron las discusiones entre el sustancialismo, en el cual se consideraba principalmente a los elementos tierra, agua, fuego y aire mostrándose como un tipo de animismo introyectado en el mundo mineral y físico como explicación a las acciones de los alquimistas; y el atomismo bajo las explicaciones respecto a la constitución de la materia y el movimiento (Cubillos, et al., 1989). Estas discusiones serían el preámbulo para que a inicios del siglo XIX Dalton postulara su teoría.

Hacia los primeros años del siglo XIX, más específicamente entre 1803 y 1804 Dalton expuso su teoría atómica en diversas conferencias en la Royal Institution de Londres, lugar en el que impartió lecciones de filosofía natural (Correidora, 2021). En este mismo año escribe en su cuaderno de notas una tabla de símbolos atómicos y otra

de pesos relativos (Chamizo, 1991) tal como se evidencia en la imagen 1, se puede observar la idea que postulaba Dalton respecto a los átomos compuestos o moléculas; es desde este punto en el que se considera que existen elementos a los que corresponden átomos de un mismo tipo, misma naturaleza y mismo peso (Cubillos, et al., 1989).

Imagen No. 1: Sistema de símbolos de elementos químicos. Tomado de: Chamizo, J. A. (1991) El mundo de John Dalton. Educación Química, 3(1), 42-45.

Otro de los aportes de Dalton se concentraba en la teoría de las mezclas gaseosas, postulada a inicios del siglo XIX, donde estableció varias hipótesis en las que se intentó responder los cuestionamientos acerca de la constitución de la atmósfera; allí mencionaba que cuando dos fluidos elásticos A y B se mezclan, no existe repulsión mutua entre sus partículas y, por ende, la presión o el peso total sobre alguna partícula proviene solamente de aquellas de su propia clase (Orozco, 1999). Se le denominaba fluidos elásticos a lo que se conoce hoy en día como el estado gaseoso. Dicha teoría

generó según Orozco (1999), una rápida divulgación, pero también que fuese criticada por varios científicos, entre ellos se encontraban Thomas Thomson, John Gough, William Henry y Claude-Lois Berthollet, generando así que Dalton reelaborará su teoría en dos caminos investigativos permitiéndole establecer que las partículas de los fluidos elásticos diferentes eran diferentes en tamaño.

Años más tarde se publicó *"A new system of chemical philosophy"* y simultáneamente, Thomson se decantó por adherirse a la doctrina atómica tras realizar ejemplos adicionales de las proporciones múltiples y concluyendo que ello era consecuencia del atomismo de Dalton, reportando investigaciones con resultados definitivos en favor de la misma (Orozco, 1999). Por su parte, Chamizo (1991) señala que Thomson fue el encargado de ser uno de los principales difusores del atomismo de Dalton, resaltando que, pese a que para la época no se tenían medios para establecer el peso de los cuerpos, las ideas de Dalton, de ser ciertas, darían un método simple para establecer los pesos con precisión. La publicación del ya mencionado texto trajo consigo la regla de la simplicidad, la cual proporcionó una fórmula para decidir las composiciones moleculares de mayor probabilidad. La imagen 2 tomada del texto de Dalton presenta las conformaciones binarias, ternarias, cuaternarias llegando hasta el límite de las conformaciones, los compuestos decimo ternarios.

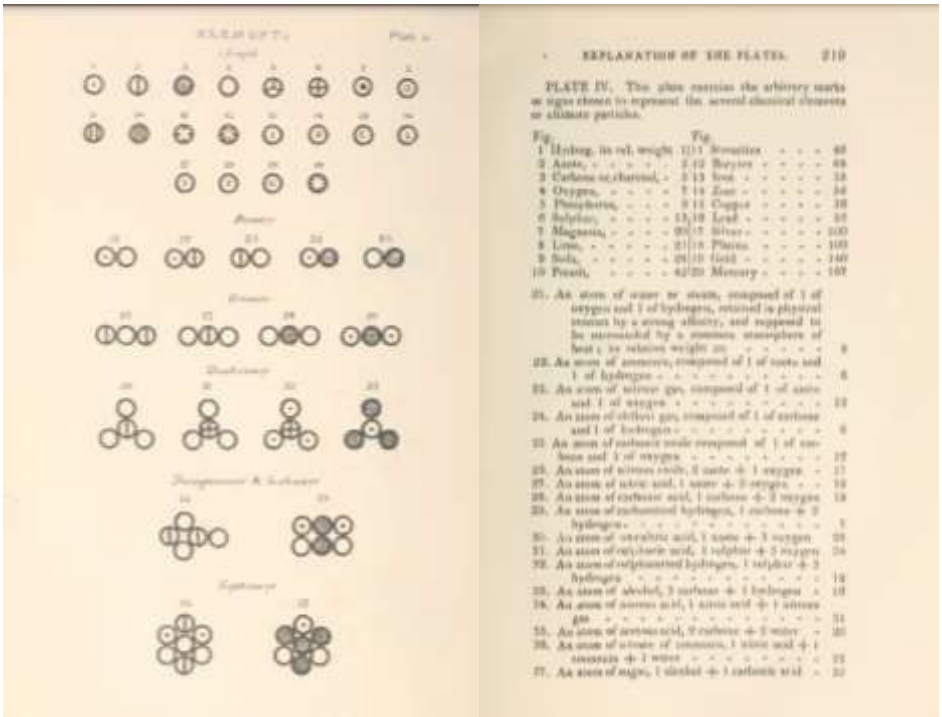


Imagen No. 2: Sistema de símbolos químicos de John Dalton y algunos átomos compuestos. Tomado de: Dalton, J. (1810). A new system of chemical Philosophy (Vol. 2). S. Russell.

Cabe señalar que, según Cubillos, et al., (1989) el aporte fundamental de Dalton consistió en haber dado una formulación cuantitativa y medible del atomismo, contrario a la idea de que Dalton fue quien postuló la existencia de los átomos, cuando en siglos anteriores la noción de átomo ya era latente entre diversos autores. Su teoría química fue publicada formalmente entre los años 1808 y 1810, allí se establecía un primer intento de explicación a las leyes de la combinación química (Correidora, 2021). En el siguiente diagrama se presenta a modo de resumen las ideas que constituyeron la base fundamental de la teoría atómica de John Dalton publicadas entre 1808 y 1810:

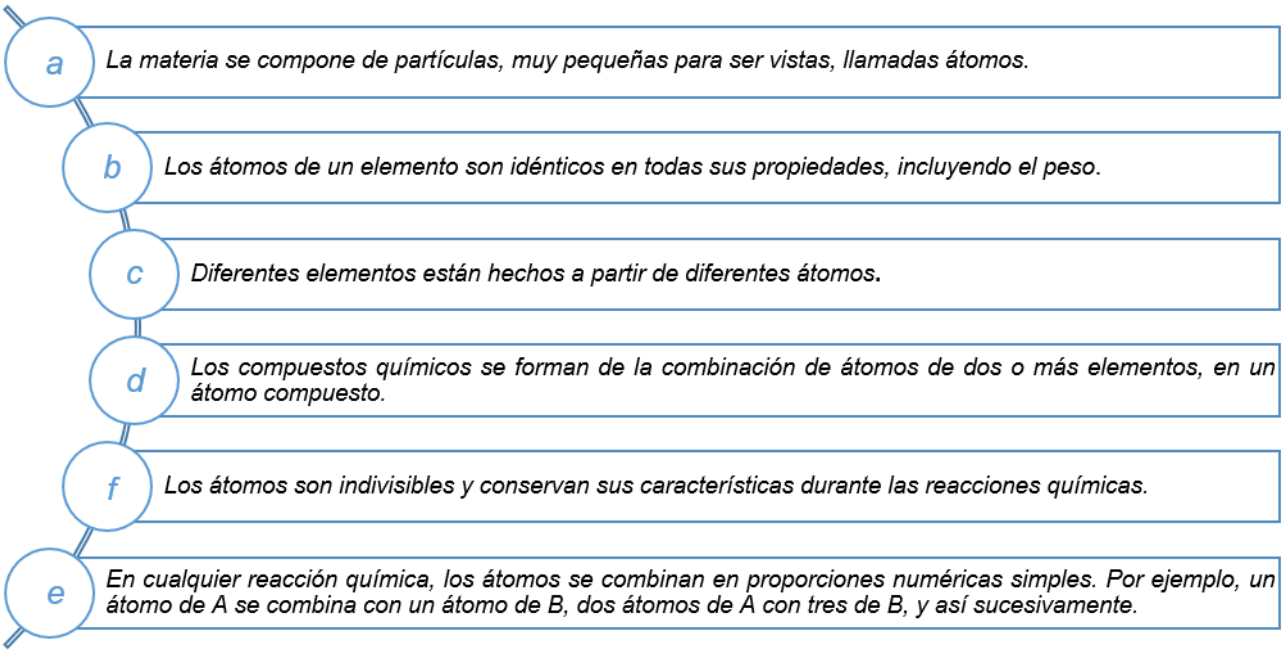


Figura No. 1: Las seis ideas básicas de la teoría atómica de Dalton. Adaptado de Chamizo, J. A., Cruz-Garritz, D., y GARRITZ, A (1991). Elaboración propia (2023).

Los aportes de la teoría atómica de Dalton no estuvieron exentos de cuestionamientos por parte de la comunidad científica; una de las críticas de mayor importancia la da el médico inglés John Bostock quien mencionaba sus objeciones respecto a la regla de la simplicidad, un ejemplo de ello fue el ¿Por qué el agua no era probable que estuviese formada de dos átomos de oxígeno y una de hidrógeno, o de dos átomos de hidrógeno y una de oxígeno? (Orozco, 1999). Sobre lo anterior, el fallo que se presentó se resume en el desconocimiento de la existencia de algunos elementos en forma de moléculas, por ejemplo el Oxigeno encontrándose este de la forma O_2, a su vez, de la creencia de que un compuesto más simple entre dos elementos estaba constituido por un átomo de cada uno, siendo así la fórmula del agua HO y no H_2O (Correidora, 2021). El enlace químico, entonces, tomó fuerza para dar explicación a estos cuestionamientos.

LAS PRIMERAS NOCIONES ACERCA DEL ENLACE QUÍMICO EN EL SIGLO XIX

Fundamentalmente uno de los primeros grandes aportes, que trajo consigo un cambio de concepción acerca de los enlaces químicos se localizó hacia 1800, donde se empezó a generar gran interés por el comportamiento eléctrico de la materia (Felipe, et al., 2018). Los experimentos realizados por el químico William Nicholson y el cirujano Anthony Carlisle, ambos de nacionalidad inglesa, trajeron consigo el descubrimiento de que, al sumergir los alambres de cobre de una pila en agua, se observaba desprendimiento de hidrógeno en forma de gas en uno de ellos mientras que el otro se oxidaba; a su vez, realizaron el mismo experimento con alambres de platino y de oro (Laidler, 2018). Generando así los primeros procesos de electrólisis obteniendo hidrógeno y oxígeno producto de la descomposición de soluciones acuosas de varias sales (Felipe, et al., 2018).

Los aportes de Nicholson y Carlisle (dentro de un trasfondo interesante de descubrimiento que involucraría los hallazgos del químico italiano Alessandro Volta) centraban un planteamiento general en el que no era relevante el hecho de que los gases fueran producidos, sino que, como lo menciona Laidler (2018), ¿En dónde eran producidos los gases durante el proceso de descomposición del agua? En consecuencia, se estableció un cambio de paradigma teniendo en cuenta que aún para la época las ideas respecto a la electricidad eran controvertidas entre la comunidad científica. Dicho planteamiento llamó la atención de diferentes miembros de la comunidad científica, entre ellos de Jöns Jacob Berzelius.

En 1802, año en el que el primer Cónsul de Francia Napoleón Bonaparte firmó el Tratado de Amiens que pretendía poner fin a la guerra entre la república francesa, el rey de España y la República Bátava, de un lado, y el rey del Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda (Canales, 2005); y en el que se instituye un premio de 3000 francos otorgado a extranjeros de todas las naciones por “la mejor experiencia que se hará en el transcurso de cada año sobre el fluido galvánico”, el médico y químico sueco Jöns Jacob Berzelius realizó el descubrimiento acerca de las sales alcalinas y su descomposición en ácidos y bases durante la electrólisis (Barquín, et al., s.f).

El ya mencionado descubrimiento de Berzelius le permitió años después obtener el fundamento para formular su teoría electroquímica en el año 1819, a su vez, introdujo los símbolos químicos basados en los nombres en latín de las sustancias, creando así un sistema de nomenclatura química contrario al modelo antiguo de esferas que utilizaba símbolos de la alquimia para identificar sustancias (Cubillos, et al., 1989). Por estos, y diferentes aportes más en cuanto a nuevas técnicas cuantitativas del análisis químico, Berzelius será considerado por diversos autores como el químico más influyente de los primeros años del siglo XIX.

Cuatro años después, específicamente el 20 de noviembre de 1806 ante la Royal Society, Sir Humphry Davy realizó la primera conferencia caracterizada por tener una gran congruencia entre los resultados y los análisis obtenidos de los trabajos realizados en electroquímica, en consecuencia, el enlace químico recibió su primera explicación física, dado la conclusión de la conferencia de Davy que mencionaba que la fuerza de

combinación no era otra cosa que el efecto del estado eléctrico opuesto de los cuerpos (Cubillos, et al.,1989). Dicha conferencia le otorgaría el premio de 3000 francos otorgado a extranjeros de todas las naciones por el Primer Cónsul Francés Napoleón Bonaparte.

También, Davy un año después en 1807, como lo relata Barquín, et al. (s.f) empleó la electrolisis para diferenciar los elementos de los compuestos (s.f), y este mismo año descubrió dos elementos metálicos nuevos haciendo pasar corriente eléctrica a través de los álcalis fundidos, dándoles el nombre de sodio y potasio (*C*hamizo, et al., 1991). Gracias a estos descubrimientos Davy concluyó que la acción de la electrólisis y de la pila era la misma; con esto sustentó también que los elementos de un compuesto químico eran sostenidos por fuerzas eléctricas (Felipe, et al., 2018).

EL ENLACE QUÍMICO DESDE 1819 HASTA 1897

Teniendo en cuenta los aportes realizados en el capítulo anterior, se establece una línea temporal entre el año 1819 hasta 1897 que fueron el preámbulo a los aportes realizados por Gilbert Newton Lewis y que, posteriormente serían la base fundamental de las discusiones para llegar a las teorías modernas del enlace químico enmarcadas en el ámbito de la química cuántica. Durante este periodo de tiempo se destacan los nombres de Jöns Jacob Berzelius, Torben O. Bergman, Claude Berthollet, Edward Frankland, Carl Wilhelm Wichelhaus y Alfred Werner, como principales autores que aportaron a la construcción actual del concepto de enlace químico.

Previamente, a finales del siglo XVIII los químicos Torben Bergman y Claude

Berthollet, según Chamizo, et al. (1991) atribuyen la estabilidad del enlace químico a la fuerza gravitacional entre las partículas que lo forman, explicando la afinidad química empleando las fuerzas newtonianas. Las contribuciones realizadas por Bergman y Berthollet presentaron un problema relacionado con las masas de los átomos que se unen para la formación de moléculas (Felipe, et al., 2018). Sobre lo anterior, se ejemplifica que, al comparar la estabilidad del agua con respecto a la del óxido de mercurio, el agua no se descompone al calentarse, mientras que el óxido de mercurio si, a pesar de que el mercurio tiene un peso mayor que el hidrógeno (Chamizo, et al., 1991).

En el anterior capítulo, se resaltan algunos de los aportes realizados por Jöns Jacob Berzelius quien será considerado como uno de los químicos más importantes del siglo XIX por sus trabajos en la rama de la Química teórica y experimental. Dicho autor en 1819, publicó el llamado "*Ensayo sobre la teoría de las proporciones químicas y sobre la influencia química de la electricidad"* en el cuál enunció su teoría electroquímica de carácter dualista. La denominada teoría dualista para Berzelius, según los autores Cubillos, Poveda y Villaveces (1989) se refiere a que todo compuesto químico debe estar formado por dos partes: una positiva y una negativa que se configuran en un sistema materia-electricidad. En su teoría Berzelius logró unificar los aportes más importantes que hasta la época se encontraban en el ámbito de la química entre los cuales se destacan: el dualismo de Lavoisier, la teoría atómica de Dalton, el galvanismo y los avances en electroquímica de Galvani (1791), Volta (1794) y Davy (1806) (Cubillos, et al.,1989). A su vez Chamizo, et al. (1991) mencionan que, Berzelius ordenó los elementos en una serie electroquímica que van desde el elemento más electronegativo

(el oxígeno entonces) hasta el más electropositivo (el potasio). Ésta organización de los elementos teniendo en cuenta su electronegatividad se muestra en el siguiente diagrama:

Figura No. 2: Escala de electronegatividad de Berzelius. Adaptado de Chamizo, J. A., Cruz-Garritz, D., y GARRITZ, A (1991) y Cubillos, A. G., Poveda, G. F. M., & Villaveces, C. J. L (1989)*. Elaboración propia (2023).*

También, Berzelius consideró las relaciones entre los elementos respecto a su polaridad al momento de combinarse para formar compuestos, allí mencionaba que entre mayor sea la polaridad de un cuerpo, mayor es su tendencia a combinarse con otros cuerpos, por lo que, el cuerpo más electropositivo, el potasio, se combina con el más electronegativo, el oxígeno, con una fuerza mayor que la que otra combinación (Cubillos, et al., 1989). Entre los razonamientos de Jöns Berzelius se encuentra que un elemento de un compuesto puede ser sustituido siempre y cuando tuviesen el mismo carácter eléctrico; Sin embargo, se presentaron diferentes problemas al momento de aplicarse lo anterior a los compuestos orgánicos, por lo cual Berzelius propone realizar una distinción

entre los compuestos orgánicos, formados por una acción vital, y los compuestos inorgánicos regidos por las leyes de la física y la química (Chamizo, et al., 1991).

Posteriormente, hacia el año 1852 aparecen los aportes de Edward Frankland quien, según Gallego et al, (2004) desarrolló el concepto de atomicidad cuando indagaba sobre las propiedades de los compuestos organometálicos, equivalente a lo que hoy en día se conoce como valencia. Frankland sugiere el término de atomicidad fija por el que cada elemento forma compuestos con cantidades definidas de otros elementos, dicho término entonces, se refiere a la capacidad de combinación de los átomos de cada elemento, en comparación con la del hidrógeno que siempre es una (Gallego, et al., 2004). En el artículo "*On a new series of organic bodies containing metals"* se menciona que en el nitrógeno, fósforo, antimonio y arsénico se observa la tendencia a formar compuestos que contienen 3 y 5 equivalentes de otros elementos, entonces, los elementos mencionados anteriormente presentan dos números de "atomicidad" diferentes (Frankland, 1853).

Llegado el año 1868, el químico alemán Karl Hermann Wichelhaus introduce el término de valencia o capacidad de combinación (Barquín, et al., s.f). Según los autores Garritz y Rincón, la valencia terminó convirtiéndose así en un concepto plenamente sentado y que contribuyó a la sistematización de la tabla periódica hacia 1869; 5 años después, en 1874 Jacobus Van´t Hoff y Joseph Le Bel logran resolver el enigma de la isomería óptica planteada por Pasteur, mediante la relación entre la valencia y la estructura molecular, proponen que la tetravalencia del carbono tiene que ver con su

geometría tetraedral (1977). Teniendo en cuenta los anteriores aportes, es importante señalar las representaciones que hasta su momento se encontraban entre la comunidad científica, en primer lugar, para Kekulé cada átomo era representado por un círculo si era monovalente, por dos círculos si era divalente y así *sucesivamente*, con dos filas de racimos para cada fórmula (Fig. 3).

Figura No. 3: Fórmulas gráficas de Kekulé. a) Fórmula del agua; b) Fórmula del Metano; c) Fórmula del alcohol etílico. Tomado de Garritz, A., & Rincón, C., 1997.

Por su parte, en 1878 Foster representó la atomicidad mediante un modelo de rayas, allí aparecerían por primera vez las nociones de doble y triple enlace (Fig. 4). Los aportes dados durante el siglo XIX al desarrollo del concepto de enlace químico finalizan con la demostración de la existencia de la posibilidad de preparar compuestos asimétricos por parte de Pope, Meyer y Werner. Este último, en 1891 desarrolló la teoría de coordinación con la que explicó el comportamiento químico y la estructura de los compuestos moleculares (Chamizo, et al., 1991). Garritz señala que Werner consideró dos tipos de valencia, la primera la valencia principal denominada haupvalenz la cual se refiere al estado de oxidación del metal central, y la segunda la valencia auxiliar o nebenvalenz referido al enlace coordinado entre el metal y sus ligandos (1977). Por último, el descubrimiento del electrón por parte de Joseph John Thomson en el año 1897

dio lugar a las investigaciones en el siglo XX acerca de la naturaleza de los átomos y los enlaces químicos.

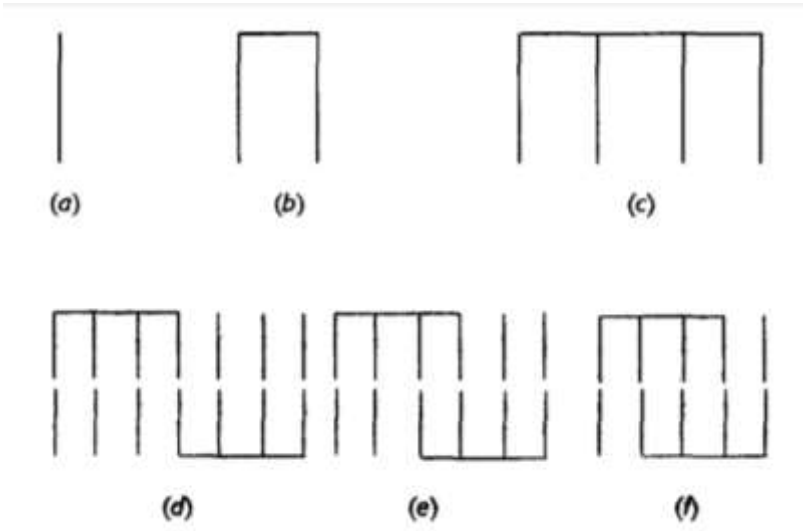


Figura No. 4: Fórmulas de representación de valencia planteadas por Foster. a) Hidrógeno; b) Oxígeno; c) Carbono; d) Etano; e) Eteno y f) Etino. Tomado de Garritz, A., & Rincón, C., 1997.

ATOMISMO Y ENERGETISMO

Durante los capítulos anteriores se ha abordado el desarrollo del atomismo como una de las principales ideas aceptadas hacia inicios del siglo XIX, la cual marcó una ruptura entre la química y las concepciones precientíficas que existían desde la antigua Grecia (Cubillos, et al., 1989). Lo anterior se configuró como un cambio conceptual que permitió los posteriores avances en la búsqueda del entendimiento de los fenómenos físicos y químicos que desde tiempos anteriores se explicaban bajo la visión del sustancialismo, teoría mayoritariamente aceptada hasta el siglo XVIII. Sobre esto, Régules (2003) señala qué, la ciencia se puede representar como un edificio en perpetua construcción, que además se construye con cimientos cambiantes, es decir, que las

controversias científicas son las que permiten actualmente que el conocimiento científico se encuentre en constante cambio y modificación, obteniendo como resultado diferentes tipos de edificaciones que cada día se siguen renovando y actualizando.

No tardó mucho tiempo hasta que el atomismo se viese involucrado en una de las tantas controversias que han existido a lo largo de los años, la cual tuvo lugar a mediados del siglo XIX entre los denominados atomistas y los energetistas. Según relata González (2006), las discusiones entre atomismo-energetismo subyacen de la controversia presentada entre las concepciones continua y discontinua de la naturaleza, allí se establece una marcada diferencia con los conceptos de fuerza como agente físico y la concepción corpuscular de la materia. En consecuencia, Georg Helm estableció una energética general como una de las primeras manifestaciones del energetismo en el mundo científico, dando lugar a los aportes realizados por Ernst Mach y Wilhelm Ostwald quienes, por su parte, se consideraron los principales defensores de la denominada nueva ciencia establecida por Helm.

Tanto Mach como Ostwald rechazaron la concepción newtoniana de fuerza que se estableció como el principal recurso de la época para la explicación de las interacciones materiales, clasificándolo como un concepto artificioso, metafísico y de significado incierto (González, 2006). El físico austríaco Ernst Mach, señalan Diéguez (1995) y González (2006), fue el encargado de establecer las pautas filosóficas del energetismo; allí se menciona que debido a las preconcepciones metafísicas de las ciencias, los principios básicos de las mismas son conceptualmente opacos, también

hace uso de la ley de conservación de la energía como base de la explicación de fenómenos estáticos o dinámicos producidos en la naturaleza y, pese a que reconoce algunos aportes del atomismo en términos didácticos, indica que no se puede medir lo que pasa entre los átomos, pero si sus manifestaciones energéticas.

En relación con las ideas presentadas con anterioridad, algunos textos presentan la figura de Mach como neutral ante los postulados del atomismo, sin embargo, Diéguez (1995) sostiene que, Wilhelm Ostwald centra sus ideas del energetismo desde un punto de vista radical inspirado en su concepción de la física. Esas ideas fundamentalmente pretendían refutar la hipótesis atómica, pues para él seguía sin ser verificada, a la vez que se consideró monista entendiendo la energía como la sustancia material de carácter ontológico que era capaz de transformarse en diferentes apariencias; entre las que se encuentran la mecánica, la química, la psíquica, la térmica, la eléctrica y la magnética que en conjunto daban la energía total del universo (González, 2006). En relación con el componente químico para la época, se establecieron investigaciones en las que se tuvo como base los modelos mecánicos; en contraposición a estas bases, Ostwald consideró que la química debía tener una fundamentación en la termodinámica de acuerdo a los procesos químicos como transformaciones de la energía (Diéguez, 1995). Las bases conceptuales de cada corriente se presentan a modo de resumen en el siguiente diagrama:

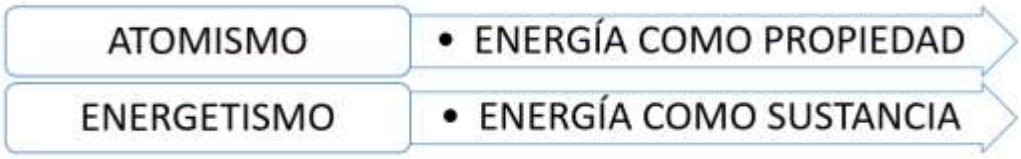


Figura No. 5: Tendencias conceptuales entre el atomismo y el energetismo. Tomado de González, A. M., 2006. Elaboración propia.

Finalmente, Gonzáles (2006) afirma que, con las investigaciones y posteriores divulgaciones de la teoría cinético-molecular de los gases, por parte del físico austriaco Ludwig Boltzmann y el matemático escocés James Clerk Maxwell se dieron por sentadas las bases conceptuales, experimentales y metodológicas de las teorías atómicas y, en consecuencia, consolidando el fortalecimiento de las mismas. Boltzmann señalaba que tan hipotéticos son los átomos como una energía constituida en fundamento de todo, también compartió algunas ideas establecidas por Mach en las que no descartaba que en observaciones futuras se pudiese observar directamente el movimiento molecular (Diéguez, 1995). Tanto Boltzmann como Ostwald se vieron involucrados en discusiones acerca del atomismo y el energetismo, que acabarían en el año 1909 con el reconocimiento de la existencia física de los átomos por parte de Ostwald y, años más tarde, el energetismo acabó siendo un intento de cambio conceptual en las ciencias que fue derrotado por las teorías atomistas, sin embargo dio aportes importantes no solo en el ámbito filosófico, sino que también despertó el interés por los procesos de absorción y emisión en cuanto a la cuantificación de la energía (González, A. M., 2006).

EL DESARROLLO HISTÓRICO DEL ENLACE QUÍMICO DURANTE EL SIGLO XX

Posteriormente a las investigaciones realizadas durante el siglo XIX, las concepciones filosóficas y científicas siguieron rondando el desarrollo de los nuevos

conocimientos a inicios del siglo XX. Allí, según relata Alarcón (2017), se hicieron comunes las ideas que resolvían cuestionas químicas mediante el uso de nociones físicas, entre las que se encontraban principalmente las matemáticas newtonianas, la termodinámica y la naciente mecánica cuántica, al mismo tiempo que las tendencias fiscalistas se fortalecían, la química empezaba a considerarse una ciencia cuestionada. El siglo XX será considerado por diversos autores como los años en los que los aportes investigativos generaron una visión diferente del mundo contrariamente a la que se tenía en el siglo XIX, no solo desde el ámbito científico sino que también en los campos de la política, economía y la sociedad; El más importante de los hechos ocurridos durante este siglo es, sin lugar a duda, la revolución industrial, la cual trajo consigo avances en los trabajos con materiales sintéticos y el progreso específico en el ámbito de la química orgánica, biotecnología y bioquímica.

El primer aporte realizado durante el siglo XX llegaría de la mano del químico alemán Richard Wilhelm Heinrich Abegg quien en 1904 desarrolló la que es considerada la primera conjetura de la noción de valencia denominada *"teoría electrostática del enlace químico"* donde sugirió, según Barquín, Quiñoa, y Zambon (s.f), que los elementos poseen una valencia electropositiva máxima (denominada valencia normal) y una valencia electronegativa máxima (o contravalencia); además, establece que la suma de ambas valencias corresponde a 8 como máximo de electrones envueltos en una unión atómica (Martínez y Caballero, 2015) (Img. 3). También Lozano, Pérez y Penagos (2008) relatan que, Abegg consideró que la electrovalencia de un elemento (positiva o negativa) dependía de la polaridad del otro elemento con el que se estuviese combinando, a su

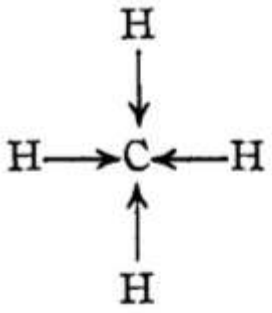
vez, menciona que la configuración electrónica de los gases nobles es particularmente estable. Al final de su artículo, Wilhelm Abegg realizó algunas especulaciones respecto al origen de la valencia polar, donde la carga positiva se debía a la deficiencia de electrones, igualmente no intentó proporcionar un modelo de estructura atómica, sino que estableció un vago concepto denominado puntos de ataque de los electrones donde el número de grupo indica cuantos puntos de ataque (máximo 8) debían contener un elemento para ser eléctricamente neutro (Jensen, 1984).

	Gruppe:						
	1	2	3	4	5	6	7
Normalvalenzen	+1	+2	+3	±4	−3	−2	−1
Kontravalenzen	(−7)	(−6)	(−5)		+5	+6	+7

Imagen No. 3: Regla de Abegg para valencias normales y contravalencias. Tomado de Jensen, W. B. (1984). Abegg, Lewis, Langmuir, and the octet rule.

Continuando con los aportes realizados, en el mismo año Joseph John Thomson se destacó por el desarrollo de su modelo atómico en el que los electrones se distribuyen en anillos concéntricos alrededor de un centro de carga positiva, por ende, los electrones del anillo más externo serán capaces de formar los enlaces con otros elementos (Gallego, et al, 2004). En relación con lo anterior, Barquín, Quiñoa, y Zambon (s.f) añaden que Thomson fue el responsable de proponer la primera teoría electrónica de valencia donde el enlace químico es resultado de atracciones electrostáticas y tres años más tarde en 1907 establece que la unión entre los átomos en un compuesto es causada por la transferencia de electrones.

En 1910, estas ideas de J. J Thomson fueron respaldadas por George Falk y John Nelson, en su texto *“la concepción electrónica de valencia”* toman como referencia los trabajos realizados por Thomson aplicándolos para algunos casos específicos de la química orgánica. Allí definen la valencia de un elemento como un número que muestra cuántos átomos o grupos unitarios pueden combinarse en un átomo de ese elemento, también mencionan que, pese a que los números de valencia están relacionados de manera directa con investigaciones experimentales, pueden ser relacionados con la ley periódica la cual permite tomar la valencia máxima de un elemento (Falk y Nelson, 1910). En el mismo artículo hacen uso de la hipótesis de la transferencia de electrones (o cargas negativas) que al momento de realizarse el enlace dejan al elemento donante cargado positivamente (por la pérdida del electrón), es importante resaltar que el aporte de Falk y Nelson radica en el modelo de flechas utilizado para representar la dirección de transferencia o ganancia de dichos electrones (Img. 4,5) cambiando el modelo de líneas utilizado para la época y estableciendo un concepto de enlace vectorial; Sobre esto, Falk y Nelson (1910) afirman que, con respecto a la dirección de la valencia cuando se combinan dos átomos, parece justo suponer que esta dirección normalmente está determinada por las posiciones relativas de los elementos en el Sistema Periódico.



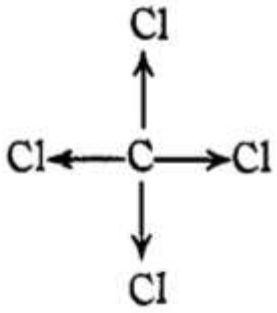


Imagen No. 4: Representaciones del metano (a la izquierda) y el tetraclorometano (a la derecha). Tomado de: Falk, K. G., & Nelson, J. M. (1910). THE ELECTRON CONCEPTION OF VALENCE. Journal of the American Chemical Society, 32(12), 1637-1654.

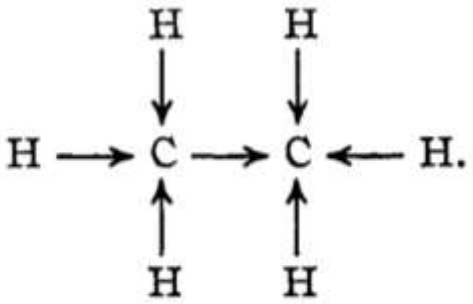


Imagen No. 5: Representación del Etano. Tomado de Falk, K. G., & Nelson, J. M. (1910). THE ELECTRON CONCEPTION OF VALENCE. Journal of the American Chemical Society, 32(12), 1637-1654.

Y es que cabe resaltar que con los aportes de Falk y Nelson se comenzó a tener luces acerca de la aplicación de la teoría de valencia para compuestos orgánicos y los no polares que representaban la mayor dificultad investigativa para este tiempo. Es así como se llega al año 1913 donde los químicos americanos William Bray y Gerald Eyre Kirkwood Branch plantean las dos ideas que involucran el concepto de número de valencia, incluyendo los términos de número polar y número de valencia total; el primer término siendo usado por la mayoría de químicos en el campo de la inorgánica elemental, y el segundo utilizado por los químicos en el campo de la orgánica elemental (Bray y Branch, 1913). En el texto *"Valence and Tautomerism"* plantean a modo de ilustración el caso del amoníaco y del cloruro de amonio (Img. 6).

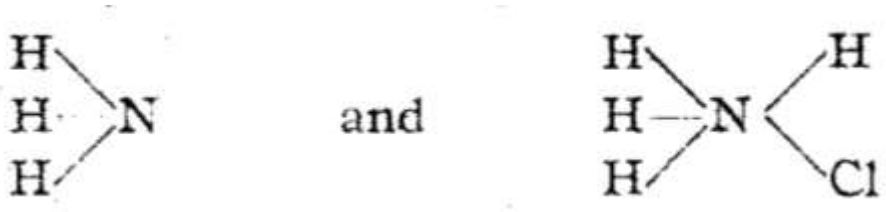


Imagen No. 6: Fórmulas estructurales del amoníaco y del cloruro de amonio de Bray y Branch. Tomado de Bray, W. C., & Branch, G. E. (1913). VALENCE AND TAUTOMERISM. Journal of the American Chemical Society, 35(10), 1440-1447.

Bray y Branch (1913) mencionan que, la mayor parte de los químicos orgánicos estaba de acuerdo en establecer que las valencias de los compuestos anteriores eran 3 y 5 respectivamente enfatizando en el número total de enlaces de valencia del nitrógeno; En contraposición, los químicos inorgánicos mediante la relación entre el amoniaco y el cloruro de amonio establecían como único número de valencia el –3 para ambos casos. A su vez mencionan que, El número polar de cualquier elemento en un compuesto se puede determinar siempre que se conozcan todos los números polares de todos los demás elementos simplemente considerando la suma de todas las valencias polares (Bray y Branch, 1913). Según el modelo de flechas (establecido por Falk y Nelson) Bray y Branch proponen una fórmula estructural para el cloruro de amonio (Img. 7) en el que resaltan su uso para representar empíricamente el número polar de cada uno de los átomos de un compuesto.

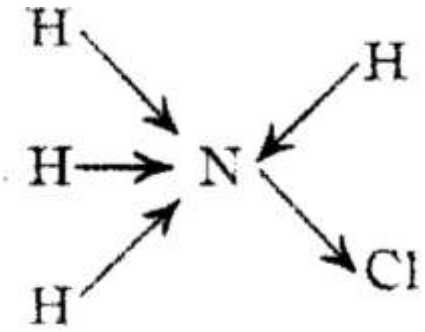


Imagen No. 7: Fórmulas estructurales de Bray y Branch. Tomado de Bray, W. C., & Branch, G. E. (1913). VALENCE AND TAUTOMERISM. Journal of the American Chemical Society, 35(10), 1440-1447.

Ese mismo año el químico ingles Alfred Werner concibió el concepto de valencia de una manera diferente al convencional, indicó que las fuerzas de enlace de un átomo

se distribuyen en una superficie esférica; también sostuvo la diferencia entre las valencias primarias las cuales tienen los átomos o grupos de átomos en forma de iones, y las valencias secundarias que contienen menor energía produciendo complejos atómicos que no presentan iones independientes, incluyendo a su vez el término de número de coordinación para los átomos unidos en una esfera con otro átomo de un elemento como centro (Gallego, et al,. 2004). En 1914, Shaik (2007) relata que Thomson establece la diferencia entre los enlaces polares y los enlaces no polares determinando la participación de dos líneas de fuerza en los enlaces (Citado en Barquín, et al., s.f). Por último, Alfred Locke Parsons (1915) da dos características que pueden tener los enlaces, respecto a que los enlaces tienen un carácter magnético y no eléctrico; ello de acuerdo a la teoría del magnetón dio pie a los modelos establecidos por Lewis tiempo después, en dicha teoría los magnetones se disponen en las esquinas de un cubo que rodea una carga positiva central (Barquín, et al., s.f).

LA TEORÍA DEL ENLACE POLAR DE WALTER KOSSEL

Al llegar el año 1916, las ideas establecidas por el modelo atómico de Bohr tres años antes serían la base de los trabajos posteriores de Gilbert Newton Lewis y Walter Kossel. Niels David Bohr estableció su modelo teniendo en cuenta el átomo de hidrógeno, en el Friedrich (2011) relata que, el electrón se encuentra en una órbita estacionaria, allí no irradia energía, sino que emite o absorbe radiación electromagnética en el momento en que cambia de órbita, cada una de ellas posee un nivel de energía; Sommerfield por su parte introduce modificaciones en las que el electrón describe órbitas elípticas dando lugar a subniveles energéticos. El modelo atómico de Bohr-Sommerfield

plantea que los electrones de valencia (los de la capa más externa) son los encargados de otorgar las propiedades químicas a los elementos, con este modelo se da un paso para la llegada de las explicaciones cuánticas tras la introducción de los números cuánticos. Cabe destacar que Bohr también plantea en sus artículos la estructura electrónica para sistemas moleculares tales como H_2, O_2, H_2O, CH_4, $y\ C_2H_2$ (Img. 8) donde el enlace químico se representó por un anillo de electrones en el que su movimiento es perpendicular a un eje internuclear (Chamizo, et al., 1991).

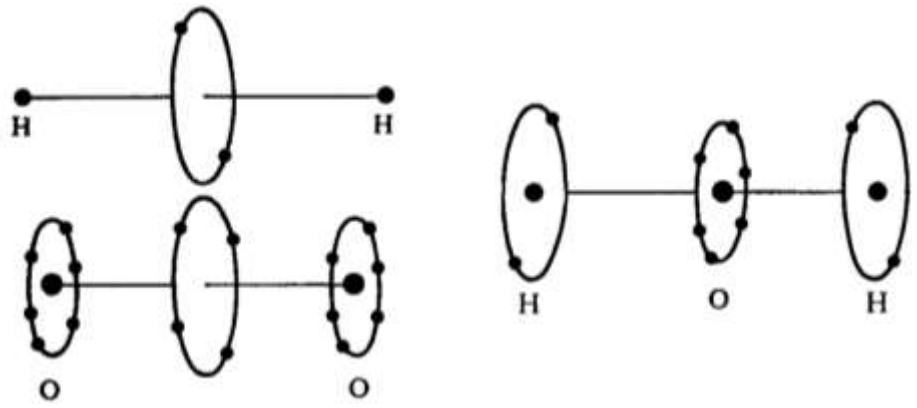


Imagen No. 8: Modelos de Bohr para sistemas moleculares para el hidrógeno (parte superior izquierda), el oxígeno (parte inferior izquierda) y el agua (derecha). Tomado de Chamizo, J. A., Cruz-Garritz, D., y GARRITZ, A., 1991.

En primer lugar, el físico alemán Walter Kossel concibió la localización de los electrones de un átomo en anillos concéntricos, que rotan alrededor de un núcleo, al igual que los planteamientos del modelo de Bohr-Sommerfeld, la principal diferencia con el modelo ya mencionado es que Kossel propuso que el neón y el argón tenían un total de ocho electrones en su última capa de valencia. Los artículos de Kossel fueron un intento por ampliar los puntos de vista que se tenían hasta el momento acerca de la valencia planteados por Abbeg, específicamente planteado para compuestos

inorgánicos polares, con ello tomando como referencia los trabajos de Thomson y van de Broek realizó un gráfico en el que se establecen los estados de oxidación máximos positivos y negativos para 57 elementos (Img. 9) se puede observar en dicho gráfico que los gases nobles se establecen como puntos de referencia en una escala ascendente (Jensen, 1984). En ese mismo sentido, Kossel (1916) establece que cada elemento sucesivo tendrá un electrón más y una carga positiva más que su predecesor (citado en Alarcón, 2017); Dentro de sus tantos aportes también postuló que todos los átomos al enlazarse buscaban tener la estructura electrónica de los gases nobles, esto mediante la explicación de la transferencia de electrones para formar iones unidos por atracciones electrostáticas dando como resultado los enlaces de tipo iónico (Gallego, et al,. 2004).

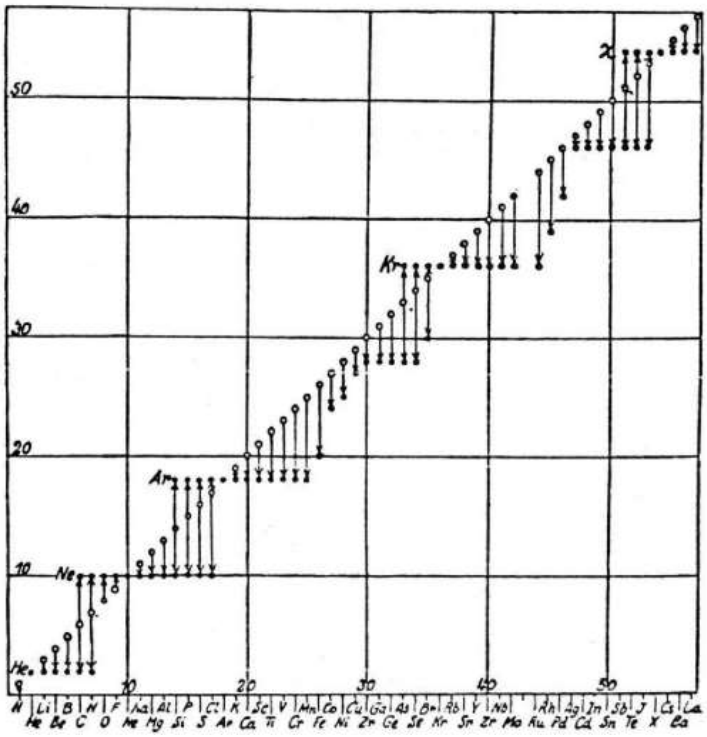


Imagen No. 9: Gráfico de los estados de oxidación positivos y negativos máximos de Kossel. Tomado de Jensen, W. B. (1984). Abegg, Lewis, Langmuir, and the octet rule.

El principal problema que presentaban las investigaciones realizadas por Kossel radicaba principalmente cuando se intentó aplicar su teoría a los compuestos no polares (Gallego, et al,. 2004). Sobre otros problemas encontrados de la teoría de Walter Kossel, Jensen (1984) afirma que pese a que la regla de Abegg se aplicaba de manera satisfactoria para los elementos ubicados en las regiones S y P de la tabla periódica (según los términos actuales), algunos elementos de la región D pareciesen no cumplir con la regla, considerándose tiempo después como excepciones. Según Kossel (1916) el hecho de que la valencia cambie periódicamente es una prueba de que, al pasar de un elemento de menor peso a otro de mayor peso atómico, la configuración electrónica no cambia uniformemente (citado en Chamizo, J. A., Cruz-Garritz, D., y GARRITZ, A., 1991). El modelo de representación del átomo de Neón (Img. 10) utilizado por Kossel logra evidenciar el mismo número tanto de protones como de electrones distribuidos por niveles de energía en donde su último nivel se encuentra con 8 electrones de valencia.

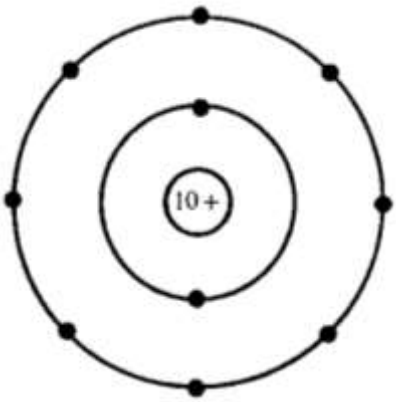


Imagen No. 10: Representación del átomo de Neón de Kossel. Tomado de Chamizo, J. A., Cruz-Garritz, D., y GARRITZ, A., 1991

Finalmente, propuso que, debido a la estabilidad de los gases nobles, la

transferencia de un electrón de un metal alcalino a un halógeno los conduce a adquirir el mismo número de electrones que un gas noble otorgándoles así estabilidad; y al mismo tiempo, dejando al metal con una carga positiva neta y al halógeno con una carga negativa neta, como ejemplo de esto se presenta la interacción entre el Sodio de símbolo Na y el Cloro de símbolo Cl (Img. 11) permitiendo establecer la relación entre otros elementos de las mismas características (Chamizo, et al., 1991). Los aportes de Walter Kossel se darían de forma simultánea a las investigaciones realizadas por Gilbert Newton Lewis dando un panorama favorable para sus posteriores publicaciones.

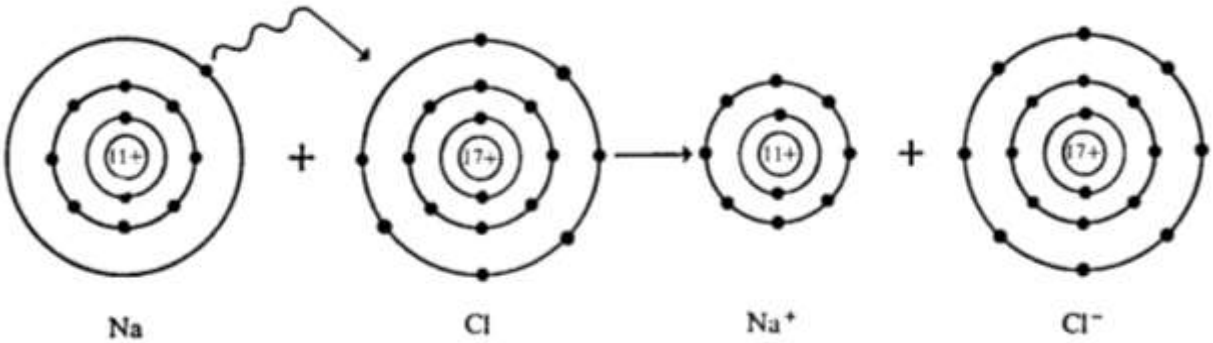


Imagen No. 11: Representación de la formación de cloruro de sodio y relación entre metales y halógenos. Tomado de Chamizo, J. A., Cruz-Garritz, D., y GARRITZ, A., 1991

LOS APORTES DE IRVING LAGMUIR EN LA DISPOSICIÓN DE LOS ELECTRONES EN ÁTOMOS Y MOLÉCULAS

Antes de hablar de los aportes realizados por Gilbert N. Lewis se deben mencionar las investigaciones en el año 1919 por Irving Langmuir en su artículo "*The arrangement of electrons in atoms and molecules"* publicado el 3 de marzo del mismo año. En este artículo se menciona que la problemática principal en cuanto al entendimiento de la estructura atómica radica en el abordaje que para la época se le venía dando por parte de los físicos quienes ignoraban las propiedades químicas que poseen las sustancias. Evidentemente, las ideas establecidas en años anteriores por Kossel y Lewis generaron

una repercusión en Langmuir, puesto que en ellas se intentó tener como punto de partida los fenómenos químicos en los que, como lo menciona Langmuir (1919) logran explicar la disposición periódica de los elementos y con ello sus respectivas propiedades químicas. Ejemplo de ello serán los modelos cúbicos y tetraédricos que se abordaran más a fondo en el siguiente capítulo; al tomar las ideas presentadas por los autores ya mencionados, se formulan once postulados que de alguna manera intentan recoger predicciones acerca de las propiedades de los elementos teniendo en cuenta la tabla periódica.

El primer postulado tiene como base fundamental, la estructura de los gases inertes los cuales como ya se ha mencionado tienen una característica de estabilidad en su naturaleza. La disposición de los electrones alrededor del núcleo se encuentra establecida por agrupaciones de parejas simétricas respecto a un plano denominado plano ecuatorial (Langmuir, 1919). Sin duda alguna la importancia de este postulado se encuentra en la mención que realiza Langmuir (1919) de cuatro planos secundarios de simetría formando ángulos de 45° entre ellos, que a su vez representando la simetría de un cristal tetragonal. El segundo postulado señala que los electrones en su distribución se encuentran en envolturas esféricas concéntricas las cuales tienen el mismo grosor, también, los radios de dichas envolturas se encuentran en una relación $1: 2: 3: 4$ y la superficie de las capas en la relación $1: 2^2: 3^3: 4^4$ (Langmuir, 1919).

El tercer postulado agrega que cada envoltura esférica se divide en espacios celulares y que el grosor de estas al medirse en una dirección radial tienen el mismo

grosor de la envoltura, por lo tanto es el mismo para todos los espacios del átomo ocupando áreas y volúmenes iguales; la primera capa contiene dos celdas que se obtienen al dividir la corteza en dos partes iguales; la segunda capa al tener cuatro veces la superficie de la misma contiene ocho celdas; la tercera capa contiene 18 celdas mientras que la cuarta tendrá 32 celdas (Langmuir, 1919). Por otra parte, el cuarto postulado define algunos parámetros de las envolturas (o capas), en las que la envoltura exterior no puede tener electrones hasta que las interiores contengan su número máximo de electrones, con ello, las envolturas exteriores pueden contener dos electrones si y solo sí todas las demás celdas contengan, al menos, un electrón. Mientras que en el quinto postulado se utiliza como base fundamental la teoría del magnetón de Parsons, donde Langmuir (1919) agrega que los electrones de la capa exterior también se repelen entre sí distribuyéndose entre las celdas disponibles con el fin de estar lo más separados posible; a su vez, sugiere que las posiciones de equilibrio dependen de las tres fuerzas en conjunto con la fuerza de atracción del núcleo; lo anterior puede considerarse como una de las ideas precursoras que daría lugar al entendimiento de los números cuánticos en desarrollos posteriores.

Con respecto al sexto postulado, este considera que en el momento en que el número de electrones de la capa exterior sea pequeño, entonces la atracción magnética que ejercen los electrones de las capas interiores predominará sobre la repulsión electrostática, al no tener completo su número máximo de electrones estos se dispondrán en las celdas sobre los de la capa subyacente; Así mismo Langmuir (1919) expresa que al número atómico y el número de electrones aumentan en esa misma capa exterior, las

fuerzas electrostáticas se convertirán en un factor de control. El séptimo postulado indica que las propiedades de cada uno de los átomos están determinadas por el número de los electrones, la disposición de los mismos y su facilidad para revertirse a formas más estables al ceder o compartir electrones con otros elementos, como en el caso de los elementos que buscan adquirir las formas estables de los gases nobles (Langmuir, 1919). Lo anterior sirvió para establecer algunas de las propiedades químicas de los elementos, específicamente en la clasificación de estos respecto a sus números atómicos y el número de electrones en la capa exterior de los átomos (Img. 12) considerando la tendencia de los elementos de ceder o ganar electrones (Langmuir, 1919).

Layer.	N	$E = 0$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I			H	He								
II*a*	2	He	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne		
II*b*	10	Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	A		
III*a*	18	A	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni
			11	12	13	14	15	16	17	18		
III*a*	28	Niβ	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
III*b*	36	Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Cb	Mo	43	Ru	Rh	Pd
			11	12	13	14	15	16	17	18		
III*b*	46	Pdβ	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
IV*a*	54	Xe	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	61	Sa	Eu	Gd
			11	12	13	14	15	16	17	18		
IV*a*			Tb	Ho	Dy	Er	Tm	Tm_2	Yb	Lu		
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
IV*a*	68	Erβ	Tmβ	$Tm_2\beta$	Ybβ	Luβ	Ta	W	75	Os	Ir	Pt
			25	26	27	28	29	30	31	32		
IV*a*	78	Ptβ	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	RaF	85	Nt		
IV*b*	86	Nt	87	Ra	Ac	Th	Ux_2	U				

Imagen No. 12: Imagen de la clasificación de los elementos respecto a la disposición de los electrones (horizontal) y sus números atómicos (vertical). Tomado de Langmuir, I. (1919). The arrangement of electrons in atoms and molecules. Journal of the American Chemical Society, 41(6), 868-934.

De acuerdo con Langmuir (1919), debido a los altos niveles de calor empleado para el proceso de evaporación loas átomos de los elementos metálicos se encuentran unidos por fuerzas fuertes, al disolverse, los metales emplean una gran cantidad de energía para poder separar los átomos del mismo y así eliminar alguno de sus electrones, dicha energía es suministrada por la energía de combinación producto de los elementos denominados electronegativos y los átomos separados mencionados anteriormente, convirtiéndose en una solución en forma de iones. Por otra parte, se realiza una ampliación de las teorías de los periodos cortos establecidas por Gilbert Newton Lewis, aplicadas a los primeros dieciocho elementos y respectivamente a la formación de sus compuestos. Mediante los siguientes postulados se intenta dar a conocer su relación con las propiedades físicas y químicas. En este orden de ideas, el octavo postulado se refiere a la estabilidad de los electrones de los gases nobles, los cuáles presentan dos tipos de fuerzas, desde el punto de vista interno se manejan fuerzas fuertes pero vistos desde el campo externo son más débiles; al disminuir el número atómico los campos se vuelven aún más débiles; sin embargo, las fuerzas magnéticas y electrostáticas en los elementos se encuentran equilibradas en su parte interna (Langmuir, 1919). Mientras que el noveno postulado relaciona el par electrónico del átomo de helio (He) con la representación más estable posible de la disposición de los electrones, formado exclusivamente por la influencia de cargas positivas las cuales producen los pares estables en cuatro casos ordenados de la siguiente manera:

A) El núcleo de cualquier elemento.

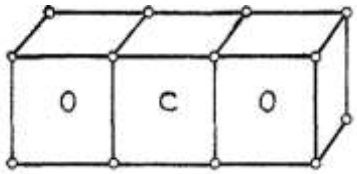
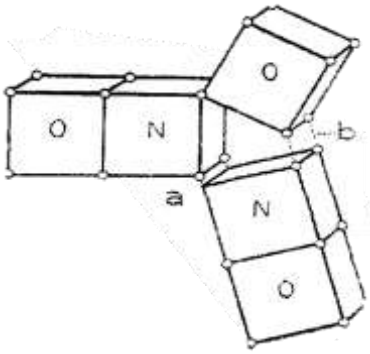
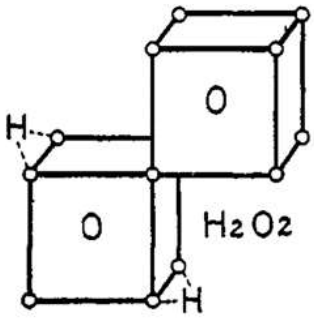
B) Dos núcleos de hidrógeno (H).

C) Un núcleo de hidrógeno junto con el núcleo de un átomo.

D) Dos núcleos atómicos.

El décimo postulado indica que existe una relación directamente proporcional, al ser mayor la carga del núcleo, más fuerte es la tendencia de los átomos de tomar electrones con el fin de formar un octeto en su capa exterior, como por ejemplo cualquiera de los átomos hasta el argón que tengan más de dos cargas. Y, por último, el onceavo presenta la idea de los electrones en común, donde dos octetos pueden mantener entre 1 y 3 pares de electrones en común, a su vez pueden compartir un número par de electrones con varios octetos (Langmuir, 1919). Para la regla del octeto trabajada por diferentes autores Langmuir plantea la siguiente ecuación, donde e representa el número total de electrones disponibles en la envoltura de los átomos que forman una molécula dada, n el número de octetos formados por su combinación y p el número de pares de electrones que tienen en común dos octetos, la ecuación entonces será $e = 8n - 2p$ y en la mayoría de casos se usará $p = \frac{1}{2}(8n - e)$. Lo anterior se representa más ampliamente al establecer el fundamento y las estructuras planteadas para diferentes tipos de compuestos (Tab. 2) (Langmuir, 1919).

Nombre del compuesto	***Fundamento de Langmuir***	***Estructuras gráficas planteadas***

Dióxido de carbono	En este caso Langmuir (1919) menciona que cada átomo forma un octeto, por lo tanto, los tres octetos tienen 4 pares de electrones en común. Lo anterior se representa colocando esos 4 pares en las cuatro esquinas de un tetraedro regular, las líneas son usadas para ejemplificar la disposición de los electrones, mas no para delimitar el átomo.	 *Imagen tomada de Langmuir, I. (1919). The arrangement of electrons in atoms and molecules. Journal of the American Chemical Society, 41(6), 868-934.*
Óxidos de nitrógeno	Los óxidos de nitrógeno resultan ser uno de los casos más difíciles de explicar debido a la presencia de un número impar de electrones. Para el que se caracteriza por su color azul intenso indicando, según Langmuir (1919) que los electrones están muy sueltos; ello implicaría un tautomerismo acompañado de un desplazamiento de dos electrones entre la posición a y b.	 *Imagen tomada de Langmuir, I. (1919). The arrangement of electrons in atoms and molecules. Journal of the American Chemical Society, 41(6), 868-934.*
Peróxidos	En los peróxidos se establece que los núcleos de hidrógeno son móviles cambiando fácilmente un par de electrones de un átomo a otro, razón por la cual se presentará una alta constante dieléctrica en algunos compuestos; a diferencia de los hidrocarburos en los que todos los electrones se mantienen como pares estables (Langmuir, 1919).	 *Imagen tomada de Langmuir, I. (1919). The arrangement of electrons in atoms and molecules. Journal of the American Chemical Society, 41(6), 868-934.*

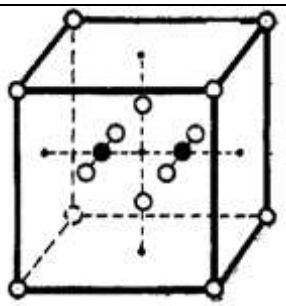
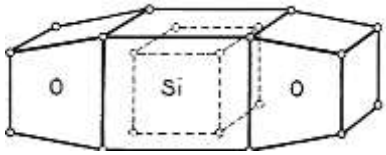
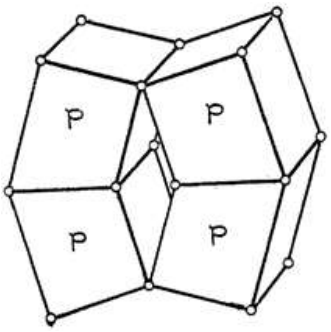
Nitrógeno	El nitrógeno en general se combina con el oxígeno formando diversos compuestos, sin embargo, esta unión solo ocurre a temperaturas altas. Dos núcleos de nitrógeno en los que cada uno tiene 5 cargas positivas estarán rodeados por un total de 10 electrones, ese par extra quedará atrapado en el octeto y será retenido por los núcleos (Langmuir, 1919).	 *Imagen tomada de Langmuir, I. (1919). The arrangement of electrons in atoms and molecules. Journal of the American Chemical Society, 41(6), 868-934.*
Silicio	Este elemento tiene la característica de formar octetos y no compuestos iónicos. En la naturaleza se encuentran varios silicatos producto de la combinación de compuestos de dióxido de silicio con óxidos; en estos últimos se forma un segundo octeto alrededor del núcleo de silicio, allí si se tienen dos pares de electrones en común los electrones del silicio se verán atraídos por el oxígeno (Langmuir, 1919).	 *Imagen tomada de Langmuir, I. (1919). The arrangement of electrons in atoms and molecules. Journal of the American Chemical Society, 41(6), 868-934.*
Fosfatos	El átomo de fósforo tiene 5 electrones en su capa exterior, generalmente encontrado como vapor de fósforo en composición , en los compuestos típicos de formados por el fósforo se obtienen resultados afines a las propiedades específicamente de valencia, sin embargo difieren entre sí por sus estructuras (Langmuir, 1919).	 *Imagen tomada de Langmuir, I. (1919). The arrangement of electrons in atoms and molecules. Journal of the American Chemical Society, 41(6), 868-934.*

Tabla No. 2: Estructuras propuestas por Langmuir para diferentes compuestos. Tomado de Langmuir, I. (1919). The arrangement of electrons in atoms and molecules. Journal of the American Chemical Society, 41(6), 868-934.

GILBERT NEWTON LEWIS Y EL MODELO CÚBICO DE ÁTOMOS Y MOLÉCULAS

En el presente capítulo se abordan las ideas fundamentales establecidas por Gilbert Newton Lewis para la construcción del concepto de enlace químico. Principalmente las indagaciones realizadas entre los años 1916 y 1923 acerca de los átomos, las moléculas y la valencia; esta última introducida en el campo científico antes por diferentes autores, donde se resaltan las representaciones gráficas utilizadas por el autor para explicar cada postulado de su modelo cúbico en relación a las propiedades químicas de los elementos, contrario a las explicaciones de las propiedades físicas en investigaciones anteriores. Para ello, Lewis (1916) establece la clasificación de las sustancias químicas entre polares y no polares, bajo la idea de que todas las sustancias inorgánicas tenían características polares (como el cloruro de potasio) y las sustancias orgánicas poseían características no polares (como el metano).

Durante el año 1916 a la par que Walter Kossel publicaba sus investigaciones en *"Molecule formation as a question of atomic structure"* en el que se destacan las ideas respecto a la búsqueda de la estabilidad mediante la transferencia de electrones, Lewis hizo lo propio con la divulgación de *"The atom and the molecule"* en el que realizó una serie de análisis de las características de las sustancias tanto polares como apolares. Mediante algunas propiedades, Gilbert N. Lewis realizó la distinción entre estos dos tipos de sustancias (Fig. 6), resaltando que la única diferencia existente entre estas dos, era que en las moléculas polares uno o más electrones están sujetos por fuerzas suficientemente débiles para separarse de su posición en el átomo y en casos extremos

pasar completamente a otro átomo, generando así moléculas con altos momentos eléctricos (Lewis, 1916). Para las moléculas no polares, los electrones que pertenecen a los átomos están sujetos a fuerzas de tal firmeza, que no permiten que se muevan lejos de sus posiciones normales otorgándoles características inertes y no reactivas lo que se relacionaría directamente con las estructuras complicadas establecidas en la química orgánica; sin embargo, Lewis destaca que los compuestos orgánicos insaturados en los que se destaca la presencia de oxígeno y nitrógeno principalmente, presentan un momento polar en la molécula (Lewis, 1916).

Figura No. 6: Clasificación de las propiedades de sustancias polares y no polares de Gilbert N. Lewis. Tomado de Lewis, G. N. (1916). The atom and the molecule. Journal of the American Chemical Society, 38(4), 762-785. Elaboración propia (2023).

El momento polar de los compuestos orgánicos sería explicado por el

tautomerismo en el que las formas de la molécula son factibles a transformarse, pese a ello, el tautomerismo es presentado como una característica propia de los compuestos inorgánicos pero que, por su comportamiento debido a la gran variedad de formas puede existir en un equilibrio móvil donde conviven los dos tipos de sustancias (polares y no polares). La combinación de las sustancias polares dará lugar, entonces, a moléculas con estructuras de mayor complejidad. Teniendo en cuenta lo anterior, Lewis (1916) estableció que dichas sustancias podían unirse también con otras que no presentaran una característica de polaridad en su naturaleza, pero que en un momento dado la adquirirán debido a su interacción, la combinación de las moléculas genera que la polaridad (al ser acumulativa) aumente volviéndose cada vez más polares, al irse uniendo se irán debilitando las restricciones de carga que tienen entre sí y por ende aumentará el momento eléctrico de cada una. El carácter polar no solo depende de las propiedades específicas de las sustancias involucradas, sino también del denominado entorno polar; para representar gráficamente la polaridad, se utilizó un método no cuantitativo (Img. 13) en el que se observaba la relación entre la fuerza del entorno polar (en el eje X) y el grado de polaridad de la sustancia (en el eje Y) (Lewis, 1916).

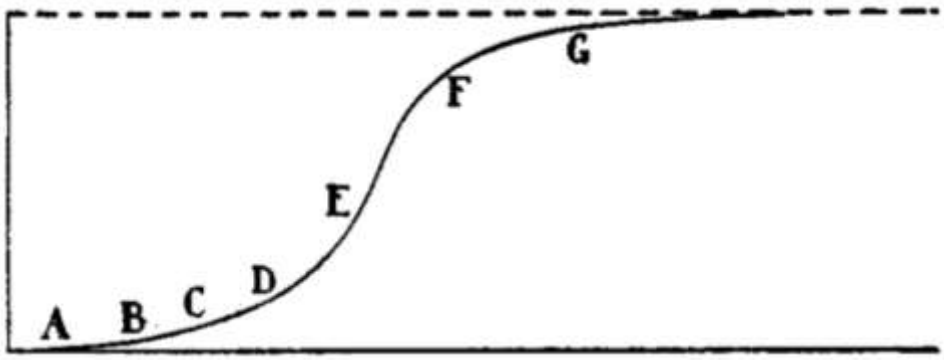


Imagen No. 13: Relación entre la fuerza del entorno polar (en el eje X) y el grado de polaridad

de la sustancia (en el eje Y). Tomado de Lewis, G. N. (1916). The atom and the molecule. Journal of the American Chemical Society, 38(4), 762-785.

Para poner en contexto la representación gráfica anterior, en su artículo Lewis (1916) indica que en el punto A se encuentra el hexano; en el punto B el benceno; los éteres en el punto C; en el punto D los ésteres; el agua, el amoniaco, los alcoholes, las aminas y los ácidos entre el punto D, E hasta F; y, por último, en el punto G las sales fundidas siendo estas últimas las sustancias con mayor polaridad. El proceso de ionización se presenta de manera más factible en las sustancias polares ya sea que se encuentren en estado puro o disueltas en algún disolvente, en las combinaciones entre las sustancias presentadas por el artículo se insiste en que el aumento de la polaridad permite que se generen disolventes con un alto nivel de ionización. También se señala que la discusión entre las sustancias polares y las sustancias no polares radica en las diferencias de tipo o de grado de polaridad que éstas posean; sobre lo anterior se concluye que al tener en cuenta los fenómenos químicos la distinción entre los dos tipos de sustancias es solo de grado y que en las moléculas pueden existir variaciones que depende de gradaciones imperceptibles (Lewis, 1916).

Después de realizar algunos planteamientos acerca de las discusiones de la polaridad de las sustancias, Lewis a modo de complemento, propone en su artículo el modelo atómico cúbico con base en la teoría de Abegg, quien como se ha evidenciado en anteriores apartados fue el responsable de la ley de valencia y contravalencias; la cual estimaba la diferencia entre las valencias (también conocidos como números polares negativos y máximos) siendo esta frecuentemente 8 y nunca superior a este valor (Lewis, 1916). Antes de continuar con su teoría del modelo cúbico del átomo, Lewis

(1916) menciona que las estructuras atómicas que en su artículo se presentan (Fig. 7), provienen de un memorándum realizado en el año 1902 en el que se encuentra información relacionada a diferentes compuestos químicos, las disposiciones de los electrones de valencia (o de la capa más exterior) y algunas relaciones entre las estructuras simétricas y el volumen atómico; con ello, no buscaba reclamar algún tipo de reconocimiento sino que en la búsqueda de la construcción del conocimiento, se podían relacionar dichas estructuras con otras que de manera simultánea y con los años se fueron asemejando a las postuladas en el documento de 1902 (Img. 14).

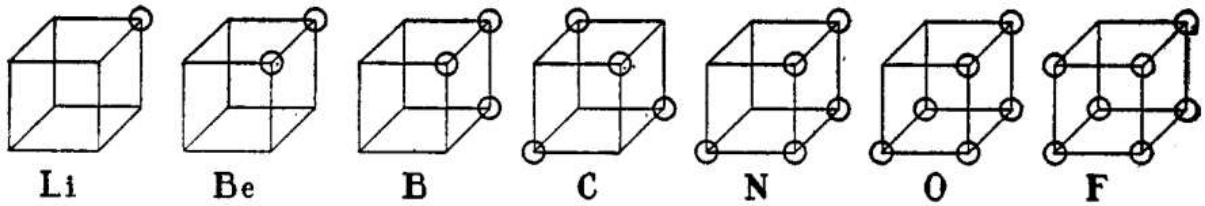


Figura No. 7: Estructuras que representan el modelo atómico cúbico planteado por Gilbert N. Lewis donde los círculos corresponden a los electrones de valencia de cada elemento. Tomado de Lewis, G. N. (1916). The atom and the molecule. Journal of the American Chemical Society, 38(4), 762-785.

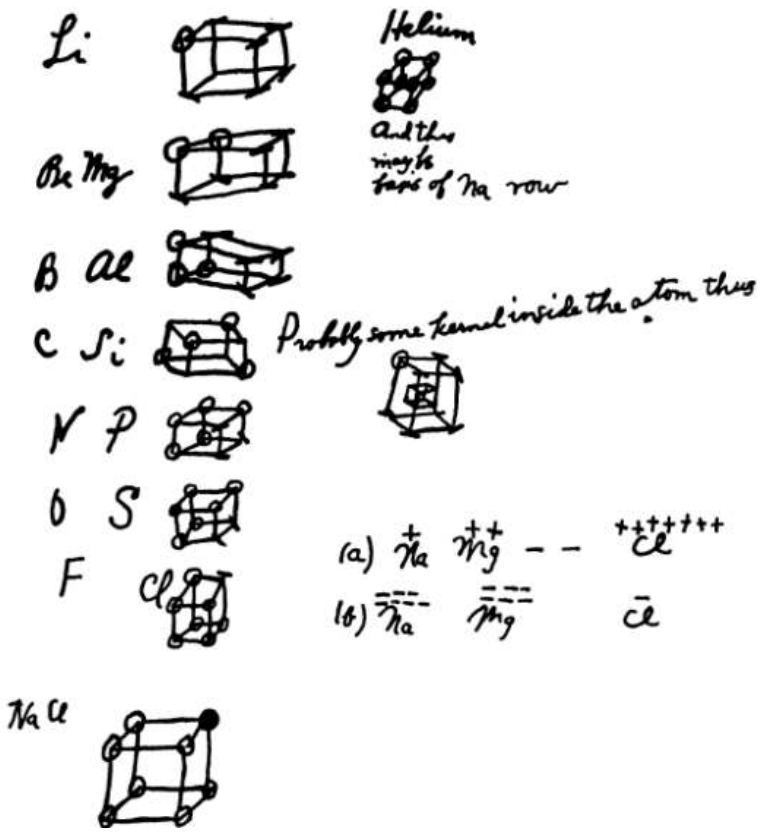


Imagen No. 14: Estructuras originales que representan el modelo atómico cúbico planteado por Gilbert N. Lewis en su memorándum 1902 donde los círculos corresponden a los electrones de valencia de cada elemento. Tomado de Lewis, G. N. (1923). Valence and the Structure of Atoms and Molecules (No. 14). Chemical Catalog Company, Incorporated.

Las estructuras anteriormente mencionadas, representan los átomos en estado neutro que fueron utilizadas por Gilbert Newton Lewis para dar explicación a diversas leyes del comportamiento químico, contrario a las concepciones físicas que parecían dominar el conocimiento científico hasta la época. Para ello, Lewis (1916) fundamentó en un total de seis postulados las explicaciones correspondientes para ilustrar de una mejor manera su modelo cúbico de átomos y moléculas; dichos postulados se mencionan a continuación:

1) *En cada átomo hay un núcleo esencial que permanece inalterado en todos los*

cambios químicos ordinarios y que posee un exceso de cargas positivas cuyo número corresponde al número ordinal del grupo de la tabla periódica al que pertenece. la tabla periódica a la que pertenece el elemento.

2) *El átomo está compuesto por el núcleo y una envoltura exterior, que, en el caso del átomo neutro, contiene electrones negativos en número igual al exceso de cargas positivas del núcleo, pero el número de electrones de la envoltura puede variar durante el cambio químico entre 0 y 8.*

3) *El átomo tiende a tener un número par de electrones en la corteza, y especialmente a tener ocho electrones que normalmente están dispuestos simétricamente en las ocho esquinas de un cubo.*

4) *Dos capas atómicas son mutuamente interpenetrables.*

5) *Normalmente, los electrones pueden pasar fácilmente de una posición a otra de la capa externa. Sin embargo, se mantienen en su posición por medio de restricciones más o menos rígidas, y estas posiciones y la magnitud de las restricciones están determinadas por la naturaleza del átomo y de los átomos que se combinan con él.*

6) *Las fuerzas eléctricas entre partículas muy próximas no obedecen a la simple ley de los cuadrados inversos que se aplica a distancias mayores.*

A partir de los postulados, Lewis logró establecer que un grupo en el que se encuentren un total de ocho electrones en la capa más exterior del elemento será extremadamente estable, por lo que la estabilidad del átomo es mayor a medida que la diferencia de carga entre el núcleo y los electrones de valencia sea menor; cabe resaltar que, al tener en cuenta los postulados anteriormente mencionados, en su artículo Lewis comienza a establecer algunas relaciones en las que se encuentran involucrados los estados de oxidación para algunos elementos, sin embargo en el artículo se refieren a ellos como números polares. Un ejemplo de ello es el oxígeno en el que el grupo de ocho electrones tiene una carga que excede a la del núcleo en dos unidades y en consecuencia de ello, en los compuestos el número polar será de –2, el nitrógeno en los compuestos como el amoníaco y los nitruros comúnmente tendrá un número polar de –3, entre otros (Lewis, 1916). A su vez, Lewis (1916) en su artículo da a conocer la clasificación de algunos elementos base para la ciencia química (Tab. 3), para los demás elementos se sostiene que sus núcleos atómicos no están determinados de forma única ni son invariables durante los cambios químicos.

Clasificación de los elementos por cargas positivas							
Una sola carga	***Dos cargas***	***Tres cargas***	***Cuatro cargas***	***Cinco cargas***	***Seis cargas***	***Siete cargas***	***Cero cargas***
H, Li, Na, K, Rb y Cs	Be, Mg, Ca, Sr y Ba	B, Al y Sc	C y Si	N, P, As, Sb y Bi	O, S, Se, y Te	F, Cl, Br, e I	He, Ne, A, Kr, Xe y Nt

Tabla No. 3: Clasificación de algunos elementos químicos respecto a sus cargas positivas. Tomado de Lewis, G. N. (1916). The atom and the molecule. Journal of the American Chemical Society, 38(4), 762-785. Elaboración propia (2023).

De este modo, durante el desarrollo del artículo se realizaron algunas breves explicaciones para cada uno de los postulados, sin embargo, se mencionarán solo los más relevantes. En primer lugar, para el tercer postulado se plantea a los electrones de las capas atómicas como átomos propiamente del elemento electricidad representado por el símbolo *E* que estará en las fórmulas bruta en la cual se refleja la composición química de la sustancia con los núcleos atómicos y los electrones de los átomos exteriores; a diferencia de este tipo de fórmula, se agregan las fórmulas estructurales que ilustran las posiciones relativas de los átomos. Para ejemplificar tal consideración se toma como referencia la molécula de fluoruro de litio, el Li (litio) posee una carga positiva en su núcleo mientras que el F (flúor) tiene siete cargas de ese mismo tipo, en consecuencia la fórmula bruta planteada para esta sustancia será $LiFE_8$ (Lewis,1916); Para el sulfato de litio el O (oxígeno) y el S (azufre) tienen un total de seis cargas positivas y el litio una carga positiva, en consecuencia para poder realizar la fórmula bruta de la molécula se debe tener en cuenta que el Li se encuentra en estado diatómico, acompañado de un átomo de azufre y cuatro átomos de oxígeno generando la fórmula Li_2SO_4, al tener en cuenta lo planteado por el postulado de Lewis se debe realizar la sumatoria de dos cargas eléctricas del litio más seis cargas del azufre y por último seis cargas del oxígeno multiplicadas por cada átomo de oxígeno, es decir, $2 + 6 + (6 \times 4) = 32$, como resultado de lo anterior se tendrá la fórmula $Li_2SO_4E_{32}$.

Como se pudo observar en el último ejemplo, se presenta una contradicción en el artículo al establecer las seis cargas positivas del oxígeno, desconociendo el número polar para este elemento correspondiente a –2 mencionado anteriormente. Al tener en

cuenta la carga de –2 para él oxígeno se obtiene como resultado un cumplimiento de la ley de la conservación de la energía para una molécula neutra dando como resultado 0. Otro de los postulados que se abordan de una manera más profunda es el número cuatro, en él se alude a la gran variedad de investigaciones que para la época trataban de obtener una explicación clara del fenómeno de combinación química en las que se consideraba que en la formación de los compuestos los electrones pasaban de átomo a átomo, mientras que las fuerzas eléctricas mantenían unidas las partes cargadas de la molécula (Lewis, 1916). En su teoría, Lewis (1916) no se consideraba que la diferencia entre los dos tipos de combinación química (muy polares y muy no polares) fuese enfocada hacia la especie, sino al grado debido a interpenetrabilidad de las envolturas atómicas, en dicho fenómeno un electrón puede formar parte de una envoltura atómica de dos átomos diferentes, por lo que no pertenece exclusivamente a uno de ellos.

Seguidamente, en el capítulo denominado *"estructura molecular"* se presenta una explicación de la formación de los compuestos de tipo polar mediante el uso de la teoría de los electrones de valencia que establece el paso de un electrón de un átomo a otro; pero que a su vez se vuelve más difícil de utilizar al momento de hablar de los compuestos no polares. A través de los planteamientos señalados en el artículo, se afirma que tan solo una molécula, según ciertas condiciones puede pasar de una forma polar extrema a una no polar extrema; Para el caso de los compuestos polares se hace énfasis en que al tener pocos electrones en las envolturas (o capas) más externas del átomo tienden a cederlos con el fin de formar iones de carácter positivo, donde también predomina la búsqueda de cumplir con la regla del octeto los cuales pueden ser

representado por un cubo en el que en sus esquinas se encuentran ubicados los electrones, esto se ve reflejado teniendo en cuenta a los elementos pertenecientes al grupo de los halógenos (Img. 15) (Lewis, 1916).

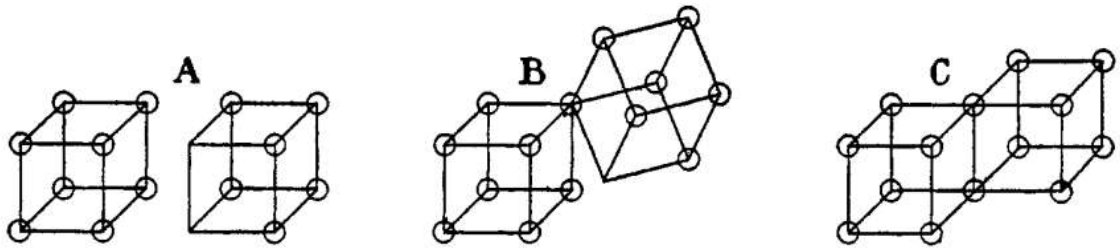


Imagen No. 15: Representaciones de las diferentes formas de la molécula de yodo I_2. Tomado de Lewis, G. N. (1916). The atom and the molecule. Journal of the American Chemical Society, 38(4), 762-785.

Con el ejemplo anterior Lewis (1916) señala que la representación A corresponde a la molécula ionizada, frecuentemente encontrada en el estado líquido del yodo; En la representación B se encuentra la molécula sin ionización, por lo que uno de los electrones de uno de los átomos se encuentra encajado en la capa exterior del otro completando la regla del octeto; y por último, simultáneamente un electrón del segundo átomo puede encajar con la capa exterior del primero, dando como resultado la representación C la cual es la estructura molecular predominante en los halógenos. En ésta última representación se evidencia una característica de simetría, sin embargo, si se llegasen a separar esos dos electrones que comparten mutuamente los átomos, en algunas ocasiones se aferraran más a uno que a otro y por tanto generará una disimetría en la molécula quedando cargado uno positivamente y el otro negativamente; el carácter polar de la molécula aumentará a medida que la distancia entre los átomos sea mayor, es decir, cuando se haya producido una ionización completa.

Es entonces cuando se plantean las denominadas “estructuras de Lewis”, donde se sugiere el uso de dos puntos que representan los dos electrones que actúan como puente de conexión entre dos átomos; Para representar que un átomo está cargado negativamente se acercan los puntos al elemento con ésta característica y en cuanto a los grados de polaridad se plantea que sean representados por diferentes espacios entre los elementos de la molécula (Lewis, 1916). También Lewis (1916) sugiere que, para representar la fórmula completa de cada compuesto, se debe utilizar el símbolo del núcleo adjuntando a cada símbolo el número de puntos correspondientes al número de electrones de la capa atómica externa, tal y como se ejemplifica con la molécula de agua (Img. 16). Es importante señalar, que como lo menciona el texto, el tipo de unión que se representa implica la unión química mediante dos electrones, sin embargo, esto corresponde al enlace simple que se encuentra en las fórmulas químicas, además, que para el hidrógeno y para el helio se hace uso de la regla de dos y no de ocho como se ha venido observando en diferentes ejemplos.

Imagen No. 16: Representación de la molécula de agua. Tomado de Lewis, G. N. (1916). The atom and the molecule. Journal of the American Chemical Society, 38(4), 762-785.

El artículo continúa refiriéndose a la estructura del amoníaco y del ion amonio (Img. 16), donde este último es considerado como un complejo suelto el cual posee un carácter extremadamente polar, es decir, posee dos moléculas polares atraídas

eléctricamente entre sí; al considerarse el efecto por el cual se presenta la sustitución del hidrógeno por grupos orgánicos se puede decir que al átomo de nitrógeno están unidos cuatro grupos que se mantienen con tal firmeza que permiten obtener una cantidad considerable de isómeros estereoquímicos, así para la fórmula $NH_3 + H^+ \rightarrow NH_4^+$ la representación gráfica del ion amonio será la presentada en la figura 17 (Lewis, 1916). El mismo caso es aplicado para el oxígeno que se encuentra ligado por un par de electrones, en su representación gráfica (Img. 18) para los iones perclorato, sulfato, ortofosfato y ortosilicato, cada átomo tendrá ocho electrones en su capa más externa donde X puede ser sustituido por diferentes elementos tales como cloro o azufre.

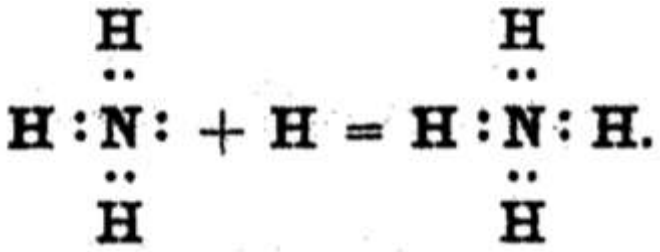


Imagen No. 17: Representación gráfica para la fórmula química de la formación del ion amonio NH_4^+. Tomado de Lewis, G. N. (1916). The atom and the molecule. Journal of the American Chemical Society, 38(4), 762-785.

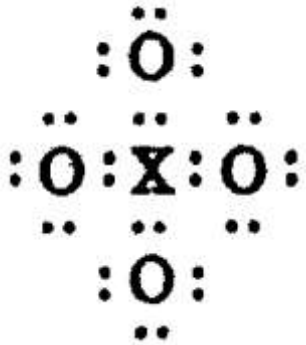


Imagen No. 18: Representación gráfica para los iones rodeados por cuatro átomos de oxígeno en los que todos los átomos involucrados tienen ocho electrones de valencia en su capa más externa. Tomado de Lewis, G. N. (1916). The atom and the molecule. Journal of the American Chemical Society, 38(4), 762-785.

Mediante el uso del modelo atómico cúbico, Lewis (1916) considera la formación

de los dobles enlaces en los que dos átomos se mantienen conjuntamente con cuatro electrones, por ejemplo, en la estructura de la molécula del oxígeno (Img. 19); en ella se pueden evidenciar dos tipos de estructuras cúbicas, la primera (A) representará la estructura típica de la molécula de oxígeno, se destaca que los enlaces dobles tienden a tener una ruptura que deja a los dos átomos en estado impar donde cada uno posee un electrón no apareado en la capa externa y que a medida en que una sustancia adopte esta forma tautomérica muestra las propiedades de las sustancias con moléculas impares (esto se producirá generalmente en una forma simétrica, a excepción de cuando la sustancia se encuentre en un entorno altamente polar); la segunda (B) muestra la forma tautomérica que adoptan las sustancias anteriormente mencionadas, en donde a bajas temperaturas todos los casos de combinación con oxígeno dan en primer lugar la formación de un peróxido.

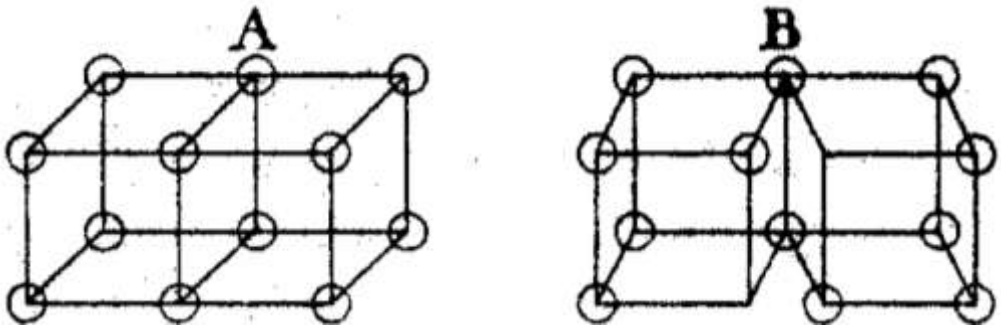


Imagen No. 19: Forma típica (A) y tautomérica (B) de la molécula de oxígeno formando compuestos de adición. Tomado de Lewis, G. N. (1916). The atom and the molecule. Journal of the American Chemical Society, 38(4), 762-785.

Siete años después, en su artículo denominado "*Valence and the Structure of Atoms and Molecules"* publicado en 1923, Gilbert Newton Lewis amplió las ideas mencionadas anteriormente tomando como referencia diferentes investigaciones entre

las que resalta las realizadas por el químico estadounidense Irving Langmuir en 1919, autor que se abordará en el capítulo siguiente. El artículo realiza un recorrido por los diferentes aportes que se desarrollaron desde el siglo XIV hasta la época, abarca un total de catorce capítulos, sin embargo, solo se hablará de algunos relacionados con el avance en la construcción de la concepción del enlace químico. En primer lugar, Lewis (1923) resalta los puntos en común entre las ideas postuladas por Kossel y él simultáneamente en el año 1916; en ambas publicaciones se apoyaba la idea en la que los electrones de un átomo rodean un pequeño núcleo positivo en grupos concéntricos, que siempre terminarán en un grupo exterior de ocho electrones para el caso de los gases raros (nobles) y para los iones elementales simples. La diferencia entre las ideas de Kossel y Lewis radica específicamente en la representación atómica que cada uno adopto, para el primer autor los electrones se encontraban en grupos sucesivos en forma de anillos concéntricos alrededor del núcleo, mientras que desde el punto de vista de Lewis se representaba dichos grupos en capas que formaban una estructura tridimensional alrededor de un átomo central (Fig. 20) (Lewis, 1923).

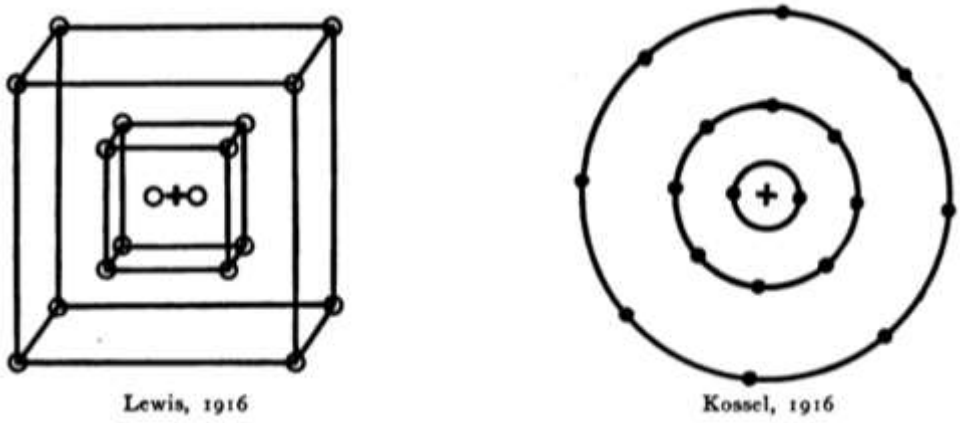


Figura No. 20: Representaciones gráficas utilizadas por Gilbert N. Lewis y Walter Kossel respectivamente para el átomo de argón. Tomado de Lewis, G. N. (1923). Valence and the Structure of Atoms and Molecules (No. 14). Chemical Catalog Company, Incorporated.

Otro de los puntos en común de ambos planteamientos era la suposición de que algunos átomos tienen una fuerte tendencia a ceder u obtener electrones con el fin de imitar la estructura del gas raro más cercano adquiriendo un alto grado de simetría y estabilidad en la molécula (Lewis, 1923). A modo de ejemplo, se tomaba al hidrógeno el cual al desprenderse de su electrón se convertiría en el ion positivo más simple constituido únicamente por el núcleo atómico, pero si por el caso contrario absorbía un electrón completaría el grupo de dos, dicha característica compartida con el átomo de helio, lo anterior sumado a la tendencia de formar grupos externos de ocho electrones proporciona una serie de interpretaciones asimiladas para los compuestos químicos de mayor grado de polaridad como se evidenciaba en los artículos de Kossel, Parsons y el mismo Lewis quien intentó aplicarlo de igual forma a los compuestos menos polares (Lewis, 1923).

Uno de los puntos más importantes del artículo radica en el intento por unificar los diferentes puntos de vista dados por la física y la química acerca de la estructura atómica distribuidos en siete apartados. Sobre esto, Lewis (1923) indica que:

1) *En primer lugar, se adoptan los postulados de la teoría de Bohr en cuanto se refiere a un solo átomo que posee un solo electrón. Lo anterior al considerar que no existen hechos en la química que se opongan a dicha teoría la cual resulta ser estrictamente cuantitativa.*

2) *Para los sistemas que contengan más de un electrón el cual posee un movimiento*

orbital, movimiento que explica el fenómeno del magnetismo, por ello cada electrón es visto como el equivalente a un imán o también llamado magnetón elemental. Sin embargo, para moléculas complejas no se asume al núcleo como el centro de las órbitas.

3) *Las órbitas ocupan unas posiciones fijas, es decir que al hablarse de la posición de un electrón se debe referir a la posición de la órbita como un todo. El cambio de un electrón de una órbita a otra genera un cambio finito de energía y cuando esto no ocurre quiere decir que el sistema se encuentra en un estado estable.*

4) *La caída de un electrón genera una emisión de energía monocromática, y su frecuencia es igual a la diferencia en la energía del sistema entre dos estados.*

5) *Los electrones de la capa más externa se denominan electrones de valencia; donde la capa de valencia de un átomo libre nunca contiene más de ocho electrones, se considera por consiguiente que los gases nobles no tienen capa de valencia, sino que todo el átomo es el núcleo.*

6) *En este apartado se resalta la importancia del fenómeno de apareamiento de electrones, el cual no ocurre únicamente en la capa de valencia, sino que también en el núcleo y su interior. Se adopta la hipótesis de Prout en la que se establece que es posible determinar el número de núcleos y electrones que componen un átomo dado mediante el uso del peso atómico y el número atómico.*

7) *Finalmente, se alude a otro de los planteamientos de Bohr en los que se establece que la primera capa se asocia con un solo nivel de energía con un par electrónico; la segunda contiene dos niveles de energía en las que cada uno alberga dos pares de electrones; la tercera capa con tres niveles de energía donde cada uno puede albergar hasta tres pares electrónicos para un total de dieciocho electrones; La cuarta capa con cuatro niveles de energía en las que cada uno puede albergar cuatro pares de electrones para un total de treinta y dos, y así sucesivamente.*

Tomando los puntos anteriores, Lewis (1923) agrega algunas ideas respecto a la estructura interna de los distintos átomos. Cabe resaltar que para la mayoría de planteamientos presentes en el artículo se tiene en cuenta el átomo del hidrogeno, el cual al poseer un solo electrón de valencia tendrá un momento magnético de mayor grado, por lo que se espera que el átomo sea altamente paramagnético. Para la época aún no se habían podido diseñar métodos experimentales para determinar la forma monoatómica del hidrógeno debido a diferentes condiciones como las altas temperaturas o en medios con una alta potencialidad de descargas eléctricas. En cuanto a la estructura interna, se menciona que en el átomo de helio los dos electrones no son considerados como electrones de valencia, por lo que se considera al átomo de helio completo solo con el núcleo tal y como se plantea en el quinto apartado; dicho par representa un solo nivel de energía para los elementos desde el litio hasta el flúor. Bajo estos preceptos se establecen unas características importantes para algunos elementos en la formación de iones entre los cuales se encuentran el litio o el berilio que al tener uno y dos electrones

de valencia respectivamente, les es más fácil cederlos quedando en forma iónica, mientras que el boro, el carbono, el nitrógeno o el oxígeno con tres, cuatro, cinco y seis electrones de valencia respectivamente les es más difícil cederlos y por ende obtener una forma iónica (Lewis, 1923).

Posteriormente, Lewis (1923) declaró que mientras que en un núcleo con una alta estabilidad los electrones (considerados como imanes) pareciesen estar dispuestos para neutralizar los campos magnéticos, dicha organización será diferente para las formas inestables del grupo de elementos de transición; por ello, las propiedades magnéticas se producirán solamente si después de que el núcleo adquiere la forma 2-8-8 las orbitas ingresan en filas. Con lo anterior, se agrega un modelo representacional en forma de anillo con diez imanes (Img. 21) en el que aumentará el momento magnético al inicio de cada uno, pero a medida que este finaliza el momento disminuye despareciendo del anillo; Este modelo es utilizado para ejemplificar de manera gráfica el paso de un núcleo estable y no magnético de la forma 2-8-8 a 2-8-18 (Lewis, 1923).

Imagen No. 21: Representación de la disposición de los imanes elementales (electrones) en los metales de transición. Tomado de Lewis, G. N. (1923). Valence and the Structure of Atoms and Molecules (No. 14). Chemical Catalog Company, Incorporated.

Lo anterior generó después, que las afirmaciones en las que el denominado *"primer largo período"* posee una gran variedad de elementos que tienen como característica principal el fenómeno del núcleo variable tomara fuerza; Y en el último apartado, establecer que en el paso por los elementos desde el escandio hasta el zinc se añaden diez electrones al núcleo, los cuales completan la tercera capa de dieciocho, cumpliendo con la regla establecida por Niels Bohr (Lewis, 1923). Mientras que, por otro lado, Lewis (1923) discutía la aplicación de la idea de la valencia a las moléculas orgánicas, se puede señalar que la valencia en las moléculas orgánicas representa el número total de enlaces que unen a un átomo con otros; de la misma forma se estableció que el enlace químico no era una simple abstracción, sino que su existencia estaba definida en una realidad física como naturaleza de las moléculas. A partir de estas ideas acerca de las uniones de los átomos se reportó la importancia de las investigaciones realizadas por Werner, Berzelius, Falk, Bray, Branch, Nelson, Thomson, Kossel y Parson; este último estableció tres tipos de uniones químicas, una de ellas implicaba la acción conjunta entre un par electrónico para mantener unidos dos átomos, mediante el uso de puntos y círculos sombreados para representar los electrones de valencia y las capas internas (o grupos de 8 como se mencionaba en investigaciones anteriores) (Img. 22). A pesar de los diferentes modelos utilizados por los autores, se llegaba siempre a la misma conclusión en la que un grupo de electrones en común mantienen unidos a dos átomos.

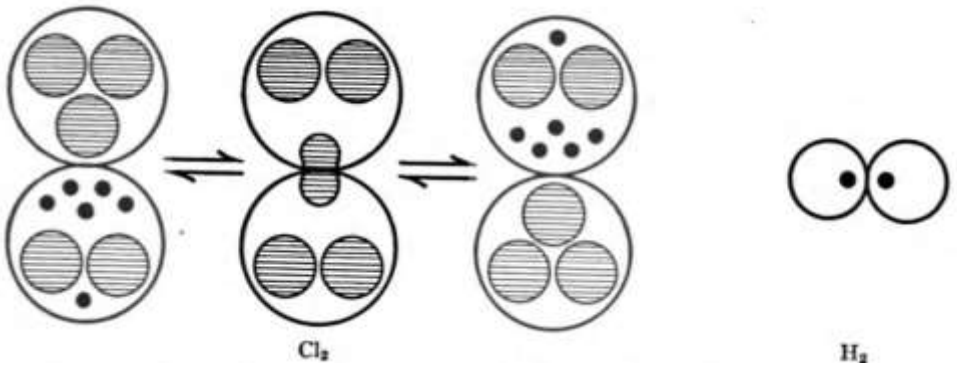


Imagen No. 22: Modelo gráfico de Parsons (1915) para los átomos de cloro e hidrógeno respectivamente, ambos en estado diatómico. Tomado de Lewis, G. N. (1923). Valence and the Structure of Atoms and Molecules (No. 14). Chemical Catalog Company, Incorporated.

Bajo las ideas de Parsons (1915) y de Langmuir (1919) en las que se establece que el octeto se consigue cuando los átomos pierden o ganan electrones, se postula la denominada “nueva teoría de valencia” la cual afirma que dos átomos pueden ajustar la regla del octeto tanto por la transferencia de electrones como también compartiendo entre uno o más pares electrónicos que comúnmente se encuentran en la capa más externa de los átomos (Lewis, 1923). A partir de dichos pares electrónicos se fundamenta la regla de dos, tomando como referencia el helio que con su par de electrones presenta las mismas características de estabilidad que los otros gases nobles que tienen octetos exteriores; con ello se llega a la conclusión de que en la mayoría de sustancias poseen un número par de electrones en las capas de valencia, por lo que se afirma que el número de estos electrones es un múltiplo de dos, sin embargo, existen unas ciertas excepciones a la conclusión planteada como algunos vapores metálicos, las formas monoatómicas del hidrógeno y los halógenos que se encuentran a altas temperaturas, a dichas excepciones se les llamó moléculas impares.

En condiciones ambientes de altas polaridades, las moléculas impares producen

un fenómeno en el que una gana y la otra pierde electrones, dando como resultado la formación de algunos compuestos iónicos. La tendencia a formar pares, según Lewis (1923) era una propiedad característica de los electrones dentro del átomo, por ello en una gran cantidad de moléculas los electrones se agrupan en pares lo que debería representarse como un tetraedro con un par de electrones en cada esquina y no como un cubo como se planteó en 1916. Entender los fenómenos que permiten la interacción entre los pares electrónicos resultan de gran importancia al abordar el tema que involucra a la constitución de los enlaces químicos; para las representaciones gráficas utilizadas por Gilbert N. Lewis (1923) llamadas en los ámbitos educativos como estructuras de Lewis se representaban los pares de electrones en la formación de diferentes sustancias (Img. 23) cumpliendo con la regla del octeto, encontrándose entre dos centros atómicos, dispuestos de tal manera que no exista una polarización eléctrica o que se encuentre desplazado hacia uno u otro, otorgándoles una carga positiva (al que cede) y carga negativa (al que recibe).

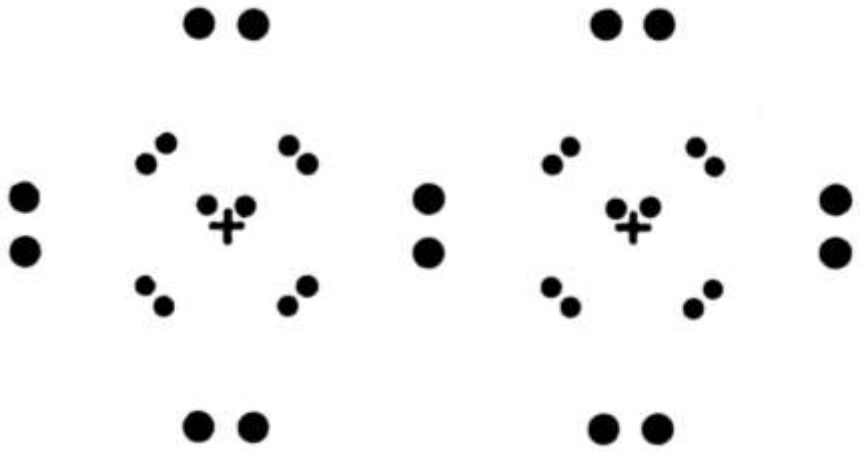


Imagen No. 23: Representación de Gilbert Newton Lewis para la molécula de cloro diatómico mediante el uso de puntos, los cuales los más grandes hacen referencia a los electrones de valencia. Tomado de Lewis, G. N. (1923). Valence and the Structure of Atoms and Molecules

(No. 14). Chemical Catalog Company, Incorporated.

Resulta importante entender que, en algunos casos, el uso de enlaces simples no resulta satisfactorio en la búsqueda de cumplir con la regla del octeto, lo que permite a un elemento una estabilidad en su naturaleza; Lo anterior explicaría la existencia de los dobles y triples enlaces como elementos propios del campo de la química orgánica. Lewis (1923) ratifica la teoría convencional de los enlaces dobles, el cual, como se menciona no debe considerarse como el equivalente a dos enlaces simples, las sustancias que presentan estas características para la época se conocían como insaturadas, sin embargo, Lewis realiza algunas connotaciones acerca de dichas sustancias; en primer lugar, indica que las sustancias de este tipo se caracterizan por un alto grado de reactividad, teniendo en cuenta que pueden transformarse en sustancias saturadas mediante el reordenamiento o la adición de otras, también por lo general con la presencia de color; en segundo lugar, por la tendencia a la formación de complejos sueltos al combinarse con otras sustancias; por último se sostiene que las sustancias en mención poseen una afinidad residual. Por medio de las teorías de Huggins (1922) se agrega la utilización de tetraedros (Img. 24) para representar la conjugación de los enlaces dobles en una molécula orgánica.

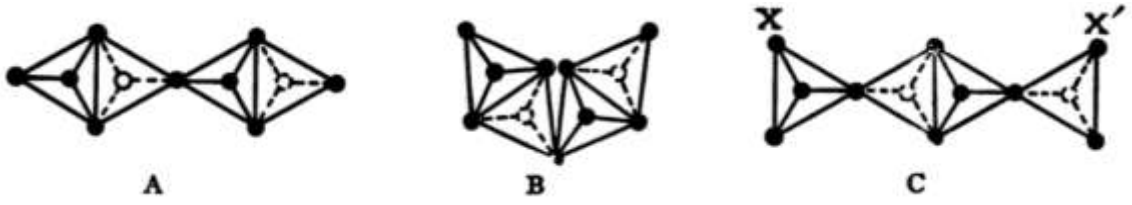


Imagen No. 24: Representación tetraédrica de los átomos y electrones de valencia. Tomado de Lewis, G. N. (1923). Valence and the Structure of Atoms and Molecules (No. 14). Chemical Catalog Company, Incorporated.

A modo complementario, se observa que los tetraedros representan átomos de carbono y los círculos electrones de valencia. En la figura A se representa gráficamente un sistema conjugado, mientras que en la figura B se puede observar una de las propuestas de Huggins, en la que dos pares de electrones se acercan entre sí hasta que adquieren esta configuración; por su parte la figura C representa una reacción de adición en la que los dos átomos exteriores pueden ser atacados, allí el doble enlace se encuentra ubicado entre los dos átomos centrales (Lewis, 1923). Sin embargo, Lewis (1923) reconoce que los tetraedros no poseen un significado fuera de la representación de los pares de electrones en las esquinas del mismo, pero como se puede observar, las posiciones de los núcleos atómicos no se encuentran indicadas. Para el caso de los triples enlaces, se cumple los mismos postulados de la química orgánica, en ellos se da la interacción de tres pares electrónicos lo que daría respuesta sobre las conformaciones tetraédricas para el acetileno para completar los ocho electrones; se debe señalar entonces, que para Lewis (1923) la concepción por la que se le otorgaba el mayor grado de insaturación a la presencia de los enlaces triples es errónea, debido a que las moléculas con un doble enlace poseen mayor insaturación.

CONSIDERACIONES DIDÁCTICAS EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA

Antes de abordar la importancia que han tenido los modelos y las representaciones tanto en la enseñanza como en el aprendizaje de los conceptos de la química, se deben mencionar las dificultades que a lo largo del tiempo se han presentado

en cada uno de ellos; naturalmente, la química resulta ser una de las ciencias que presenta mayores inconvenientes en su aprendizaje en todos los niveles de formación, sumado a esto la construcción del conocimiento se ve entorpecido por el enfoque amplio, acelerado y con poco tiempo de ejecución a los que se ven sometidos los contenidos de la misma (Ángel Sandoval, 2018). Algunos autores señalan que los estudiantes se interesan cada vez menos por los contenidos que aprenden en las instituciones educativas, desinterés atribuido en ocasiones a la enseñanza de los contenidos como verdades absolutas sin posibilidad a disertaciones en las aulas de clase y fuera de ellas (Alarcón, 2017).

El uso constante de métodos memorísticos y la cantidad excesiva de ejercicios de lápiz y papel solo contribuyen a que la enseñanza de las ciencias, específicamente de la química, se convierta en un proceso netamente de transmisión de conocimientos los cuales se acumulan sin un sentido o significado propio (Municio y Crespo, 1998); Lo anterior, acompañado de la falta de prácticas adecuadas y el poco uso que se le da a los laboratorios de la institución educativa distrital Colegio Nacional Nicolás Esguerra, con protocolos de seguridad poco divulgados por los docentes, generan que la construcción del conocimiento científico se vea cada vez más estancado en modelos tradicionalistas de la educación en los que el estudiante no tiene la posibilidad de establecer modelos propios sino replicarlos sin algún sentido crítico de los mismos. Teniendo en cuenta esto, los docentes pueden diseñar propuestas nuevas en las que, como lo señala Chamizo (2009), la ciencia tenga un enfoque de transformación representacional y material del mundo. Es por ello que en los siguientes capítulos se resalta la importancia del uso de

los modelos y representaciones en los diseños curriculares propuestos para la enseñanza del enlace químico y que, consecuentemente, pueden llegar a ser aplicados para introducir otros conceptos de este campo de las ciencias.

MODELOS EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

Desde una perspectiva general los modelos han adquirido una característica polisémica, por lo que se puede encontrar una gran variedad de autores que intentan abordarlos desde puntos de vista diferentes, los cuales se encuentran influenciados, a su vez, por los desarrollos tecnológicos, económicos, sociales, políticos y científicos que a lo largo de la historia han ocurrido en distintas partes del mundo. Para Pilar (1968) citada por Castro (1992) los modelos son construcciones imaginarias de un objeto o de un proceso; debido a esto los modelos deben ser visualizables y comprensibles conceptualmente, considerándose estos como imágenes particularizadas de un aspecto de la realidad, coexistiendo entre sí con otros modelos en los que solamente difieren específicamente en sus propiedades y finalidades propias generando diferentes clasificaciones de ellos (Castro, 1992). Por su parte Chamizo (2006) destaca que los modelos han jugado un papel importante en el devenir del conocimiento y adicionalmente establece ocho características fundamentales con el fin de entender sus particularidades (Tab. 4).

CARACTERÍSTICAS
1. Se debe señalar que un modelo está relacionado con un objeto, sistema o un proceso representando al mismo.
2. Considera que los modelos permiten obtener información que no se puede adquirir directamente, haciendo que sean empleados para responder las preguntas planteadas por la ciencia; la ciencia no empieza por los hechos sino por las preguntas y los hechos no son independientes de los observadores y su manera de ver el mundo.
3. Relaciona la similitud que tienen los modelos con las analogías y lo que representan, sin embargo, pueden ser sometidos a la formulación de hipótesis y someter estas a pruebas generando nuevas informaciones o transformaciones del modelo.
4. Los modelos son construidos para responder una serie de cuestionamientos de interés particular, donde consecuentemente se podrá reconocer lo que se haya eliminado a lo largo del proceso de construcción del mismo, lo cual no debe tener un interés explicito para el sentido de su representación.
5. Ratifica la relación que existe entre las analogías y las diferencias con los objetos, sistemas o procesos en la construcción del mismo, permitiendo así que sea ampliado o corregido.
6. Plantea que los modelos se desarrollan a través de un proceso en el que las evidencias empíricas permiten revisar y modificar sus consideraciones básicas.
7. Afirma que un modelo puede ser aceptado como modelo científico si y solo sí ha sido publicado en una revista especializada.
8. Propone dos maneras de clasificar los modelos, principalmente en conceptuales o icónicos.

Tabla No. 4: Características de los modelos en las ciencias. Información tomada de Chamizo, J. A. (2006). Los modelos de la química. Educación química, 17(4), 476-482. Elaboración propia (2023).

Por otra parte, Castro (1992) establece unos criterios (Tab. 5) teniendo en cuenta la coexistencia presente entre los modelos alternativos y/o competitivos, con el fin de obtener algunos elementos de carácter evaluativo, entendiendo que el objetivo principal de un modelo en la química es ayudar a interpretar los fenómenos químicos, permitiendo la predicción del comportamiento de los sistemas con unas condiciones específicas del entorno y consecuentemente la posibilidad de correlacionar conjuntos de datos empíricos con cálculos teóricos; cada una orientada a la educación científica con énfasis en lo visual, donde prima el uso de imágenes y prototipos para representar diversos aspectos técnicos y que se pueden encontrar ampliamente en las divulgaciones históricas y

materiales pedagógicos de uso frecuente en la enseñanza de la química (Guevara y Valdez, 2004).

	CRITERIOS
Autoconsistencia	Los modelos no pueden contradecir aquéllos principios básicos universalmente aceptados y las leyes particulares de cada ciencia.
Simplicidad	Aquéllos aspectos no esenciales del sistema objeto que son considerados por el modelo, usualmente entorpecen el empleo de éste y reducen su significación.
Estabilidad	Debería ser posible introducir modificaciones, complementos y/o generalizaciones en el modelo sin que esto conlleve la destrucción de su estructura interna.
Utilidad	El modelo debe brindar informaciones, predicciones y/o correlaciones acerca de algunas propiedades del mismo que no se han introducido explícitamente en el proceso de elaboración, y estos datos deberían ser congruentes con las correspondientes características del referente.
Generalidad	Un buen modelo debería permitir la identificación de conexiones y vínculos no evidentes en el proceso de su elaboración entre distintos referentes.
Matematicidad	Todo modelo debe ser matematizable, en el sentido de poder cuantificar sus predicciones, interpretaciones y correlaciones.

Tabla No. 5: Criterios de los modelos en las ciencias. Información tomada de Castro, E. A. (1992). El empleo de modelos en la enseñanza de la química. Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas, 10(1), 73-79. Elaboración propia (2023).

El modelo químico, en consecuencia, tendrá tres componentes fundamentales en su estructuración que le permitirán establecer un ciclo interactivo en el que sea empleado para llegar a obtener una definición apropiada y posteriormente convertirse en un modelo satisfactorio a través de la aparición de fallas que se vayan encontrando; en primer lugar, se cuenta con una parte material correspondiente a la parte efectiva de materia en la que el fenómeno es observado; también, consta de un componente físico que se refiere a los aspectos explícitos o implícitos de las interacciones físicas del objeto en cuestión; y por último, un componente matemático en el que se encuentran involucrados los métodos y las aproximaciones usadas con el fin de realizar descripciones cuantitativas de las

interacciones físicas mencionadas anteriormente (Guevara y Valdez, 2004). Sin embargo, se carece de un componente de tipo químico consecuente a las propiedades, interacciones y la naturaleza de las sustancias químicas, las cuales son propensas generalmente a relacionarse con el componente matemático y que por ende permitirán una mejor comprensión de los modelos en estén campo de las ciencias.

TIPOS DE MODELOS EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

Al entender el carácter polisémico que tiene la concepción de modelo que a su vez ha sido abordada por diferentes autores, se deben tener en cuenta los tipos de modelos y la clasificación de estos que se puede encontrar en las revisiones literarias realizadas para el presente trabajo; con el fin de recopilar la información obtenida de dichas revisiones se toman trabajos de, Castro (1992), Tomasi (1999), Chamizo (2006; 2010), Guevara y Valdez (2004). Con el aporte realizado por cada autor se pueden estructurar los tipos de modelos que varían dependiendo de diferentes factores, por ejemplo, el contexto. Para empezar, es importante resaltar que el paso de objeto a modelo debe estar acompañado de la utilización del mismo, en una relación entre su diseño y su empleo, antecedido por un proceso de interpretación preliminar de las características del sistema u objeto y sus posibles usos, esto en un ciclo que permita la definición más apropiada de los mismos (Castro, 1992).

Así mismo, Castro (1992) propone dos esquemas alternativos y complementarios entre sí; en el primer esquema (Fig. 9) se señalan los modelos materiales, los cuales se caracterizan por ser la porción real de la materia descrita por el modelo (Guevara y

Valdez, 2004) y que a su vez, tienen diferentes aplicaciones en diversos campos de las actividades humanas sometidas al escrutinio científico (Muñoz, Vergara y Parga, 2021), y los modelos abstractos que son desarrollados por el impulso de las distintas disciplinas del conocimiento a tener una mayor matematización formal, siendo estos mayormente utilizados por la química teórica en comparación con los materiales (Tomasi, 1999).

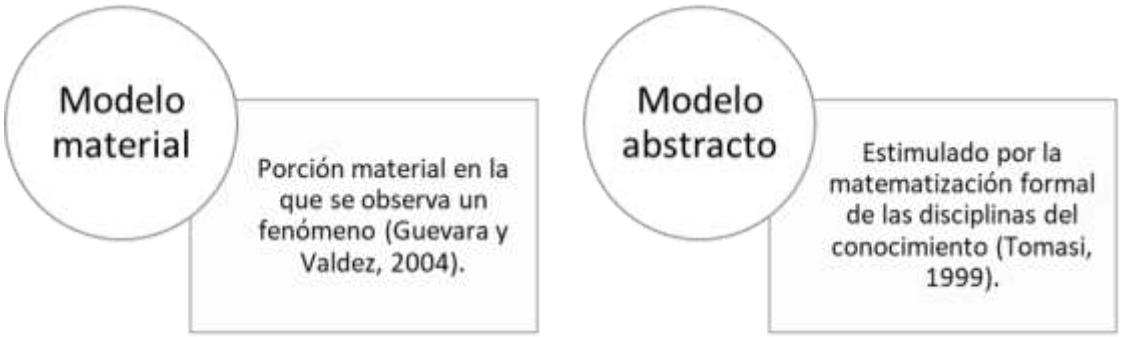


Figura No. 9: Primer esquema sobre la clasificación de los modelos en dos tipos. Adaptado de Castro, E. A. (1992). El empleo de modelos en la enseñanza de la química. Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas, 10(1), 73-79. Elaboración propia (2023).

En el segundo esquema (Fig. 10) Castro (1992) agrega los modelos iconográficos, analógicos y simbólicos; los modelos iconográficos representan la similitud que existe con el objeto que pueden ser visualizados mediante el uso de diagramas, dibujos y gráficos; los modelos analógicos mantiene algunos aspectos en forma del objeto, sin embargo recurre a considerar las propiedades o el comportamiento del mismo representando asociaciones con fenómenos del entorno; y por último, los modelos simbólicos los cuales solo representan la analogía funcional del objeto, en estos modelos podemos encontrar la tabla periódica (Castro, 1992; Muñoz, Vergara y Parga, 2021). Lo anterior permite afirmar que los modelos del primer esquema están relacionados con los del segundo esquema, de modo que un modelo abstracto o material puede ser también

un modelo iconográfico, analógico o simbólico y viceversa.

Figura No. 10: Segundo esquema sobre la clasificación de los modelos en tres tipos. Adaptado de Castro, E. A. (1992). El empleo de modelos en la enseñanza de la química. Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas, 10(1), 73-79. Elaboración propia (2023).

Por su parte, Chamizo (2010) resalta tres aspectos de los modelos que permiten identificarlos de una mejor manera (Fig. 11), proponiendo una nueva clasificación y tipos respectivamente; el primer aspecto menciona que de acuerdo con las analogías los modelos pueden ser mentales, materiales o matemáticos; el segundo aspecto relaciona que respecto al contexto los modelos pueden ser didácticos o científicos de acuerdo a factores tales como por ejemplo, el momento histórico; mientras que el tercer aspecto agrega que teniendo en cuenta la porción del mundo el proceso de modelización se puede realizar con ideas, objetos, fenómenos o sistemas. A continuación, se abordará cada una de las clasificaciones propuestas por el autor de manera más ampliada.

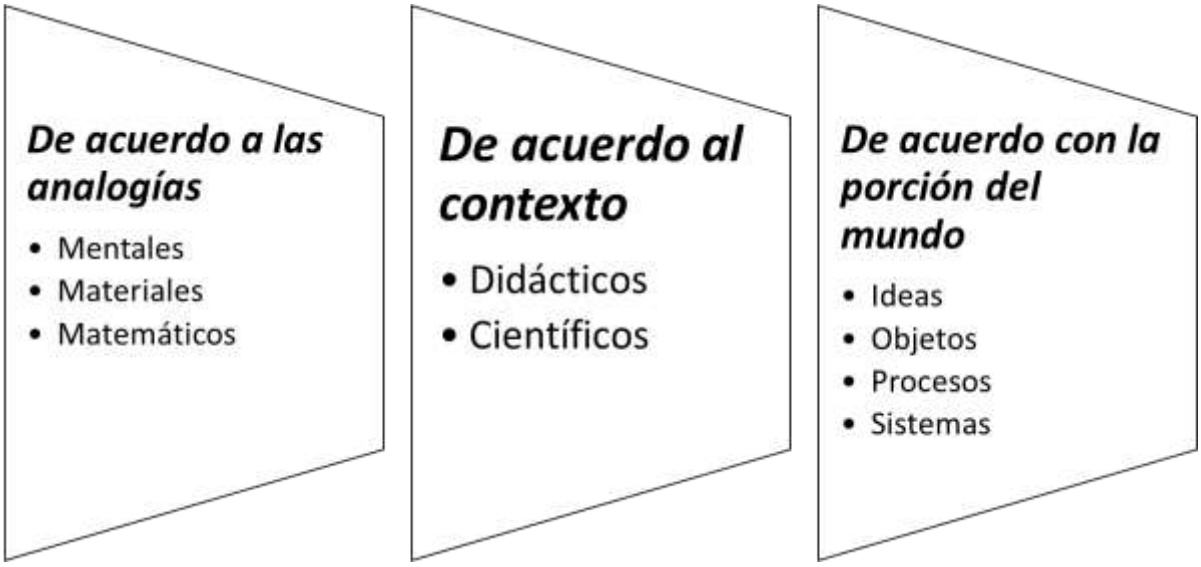


Figura No. 11: Clasificación de los modelos en las ciencias. Adaptado de Chamizo, J. A. C. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias, 7(1), 26-41. Elaboración propia (2023).

Teniendo en cuenta la clasificación de los modelos por analogías que permiten derivar hipótesis debido a su semejanza con el objeto que representan, se establecen tres tipos de modelos; en primer lugar, los modelos mentales se definen por diversos autores como las representaciones que son construidas comúnmente por los seres humanos con el fin de dilucidar o generar explicaciones sobre determinadas situaciones, dando lugar a las concepciones alternativas (Chamizo, 2010). Las ideas previas serán un elemento de constante trabajo en el aula, las mismas estarán influenciadas directamente por el contexto social, económico, cultural y político en el que tanto estudiantes como docentes se encuentren desarrollando el proceso de enseñanza y aprendizaje, sin establecerse de manera directa como modelos de acuerdo al contexto; al segundo tipo, los modelos materiales se llega a través de la experiencia, como mecanismo que permite la construcción de prototipos para comunicarse con otras personas, entre estos se encuentran el uso de maquetas, mapas o en química los

modelos moleculares a mediana escala permitiendo la interacción de las personas con los fenómenos y comportamientos del mundo microscópico; Por último, los modelos matemáticos según Gilbert, Boulter y Elmer (2000) son las ecuaciones que se construyen con el fin de describir de manera precisa los fenómenos del mundo que se estén modelando (citado por Chamizo, 2010) derivándose en leyes que a lo largo de la historia han soportado diferentes teorías en los campos de la ciencia.

Por otra parte, cuando se hace referencia a los tipos de modelos que se realizan de acuerdo al contexto es importante destacar que estos son estructurados y divulgados por ciertas comunidades, así los modelos difieren entre el tipo científico y el didáctico. El primero de estos tipos se construye con la comunidad científica con el fin de contribuir al desarrollo del conocimiento, de esta forma el modelo permite que las investigaciones realizadas acerca del entendimiento de un tema de interés para dicha comunidad puedan ser sometidas a experimentación, observación y posterior validación, en esta clasificación también se encuentran los modelos correspondientes a momentos históricos; en el siguiente y último tipo de modelo de acuerdo al contexto se encuentran los modelos didácticos los cuales se centran en la construcción y elaboración de conocimientos dentro del entorno escolar, estableciéndose como una reconstrucción de los ya mencionados modelos científicos, indicando la transformación de los conocimientos científicos para ser llevados a un proceso de enseñanza y aprendizaje (Chamizo, 2010). Allí, la concepción cambia entre los sujetos que aprenden y consecuentemente los sujetos que enseñan (Tab. 6) entendiendo que los denominados aprendices construyen sus propios modelos y esquematizaciones de manera

inconsciente, este tema fue abordado por Chamizo en el año 2006 y complementado en el año 2010.

SUJETOS QUE APRENDEN (APRENDICES)	***SUJETOS QUE ENSEÑAN (EXPERTOS)***
Los modelos son materiales	Los modelos son mentales, materiales y matemáticos (de acuerdo a las analogías)
Ayudan a conocer y a comunicarse con el mundo real.	Los modelos ayudan a entender o a pensar sobre una porción contextualizada del mundo.
Modelos diferentes del mismo objeto, sistema, fenómeno o proceso muestran diferentes aspectos del objeto, sistema, o proceso real.	Diferentes modelos de diferentes objetos, sistemas o procesos pueden construirse para diferentes propósitos.
Los modelos pueden cambiar si son equivocados o se encuentra nueva información.	Los modelos son reemplazados por otros más adecuados con los propósitos establecidos.
Los modelos más actualizados son siempre los más correctos y los que mejor explican el objeto, fenómeno o sistema.	

Tabla No. 6: Interpretación de los modelos por parte de estudiantes (aprendices) y docentes (expertos). Adaptado de Chamizo, J. A. C. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias, 7(1), 26-41. Elaboración propia (2023).

Finalmente, es evidente mencionar que los modelos son las representaciones de algo que constituye el denominado mundo real, entre estas encontramos los objetos, las ideas, los procesos y los sistemas; en consecuencia, en este tipo de modelos se encuentran todos los ya mencionados con anterioridad, la realidad posee una característica compleja en su entendimiento, por lo que con el desarrollo de los distintos modelos se pretende como único fin intentar llegar a explicaciones coherentes y aplicables desde las matematizaciones hasta los avances pedagógicos que en cada zona del mundo avanzan de manera exponencial.

TIPOS DE REPRESENTACIONES EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

En relación a los planteamientos expuestos en anteriores capítulos, resulta pertinente abordar las representaciones como herramientas fundamentales que poseen los estudiantes de primera mano para interpretar y comprender el mundo que los rodea en el contexto de una ciencia escolar (Alarcón, 2017); estas a su vez serán producto de las discusiones acerca de modelos teóricos diseñados por otros autores o entre sus mismos compañeros generando nuevas representaciones diseñadas en actividades propuestas por el docente. Al estar directamente relacionados con los modelos, las representaciones han sido estudiadas por diferentes autores tales como Johnstone (1991), Galagovsky y Adúriz (2001), Pozo (2006), Guilar (2009), entre otros. La idea sobre la cual la efectividad del proceso de enseñanza de la química depende, directamente, de la capacidad del docente para orientar procesos de comunicación dentro del aula tomó fuerza en las investigaciones acerca de la didáctica de la química ubicando al lenguaje como principal acelerador del proceso de enseñanza de conceptos considerados como abstractos, pero también representa un obstáculo para el mismo si no es aplicado teniendo presente el conjunto diverso de sistemas, niveles, estilos y naturaleza del aprendizaje de los estudiantes (Ángel, 2018).

Sobre dicho conjunto, Johnstone (1991) propone tres niveles de representación mental y/o pensamiento que deben ser abordados en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la química (Fig. 12); entre estos se destaca un nivel sensorial relacionado con la percepción denominado nivel macroscópico, un nivel submicroscópico en el que se encuentran relacionadas las explicaciones del mundo molecular, y por último un nivel

simbólico (Ángel, 2018). A manera de profundización de los niveles propuestos, Galagovsky, Stamati y Morales (2003) indican que en el primer nivel (macroscópico) se encuentran las representaciones mentales adquiridas por la experiencia sensorial directa del entorno más próximo, debido a ello el nivel se construye mediante la información que proviene de los sentidos y las propiedades organolépticas que se pueden manipular; en cuanto al nivel submicroscópico los autores señalan que, se encuentra constituido por las representaciones abstractas que por ejemplo tiene un experto en química sobre las estructuras de las partículas, el uso de figuras geométricas planteadas para la representación de los enlaces químicas, esferas muy unidas o separadas para indicar el estado sólido y líquido de una sustancia respectivamente, entre otros ejemplos; el último nivel denominado simbólico indican que se encuentra conformado por las fórmulas utilizadas para expresar conceptos químicos, las ecuaciones químicas, los gráficos, los elementos en la tabla periódica, etc.

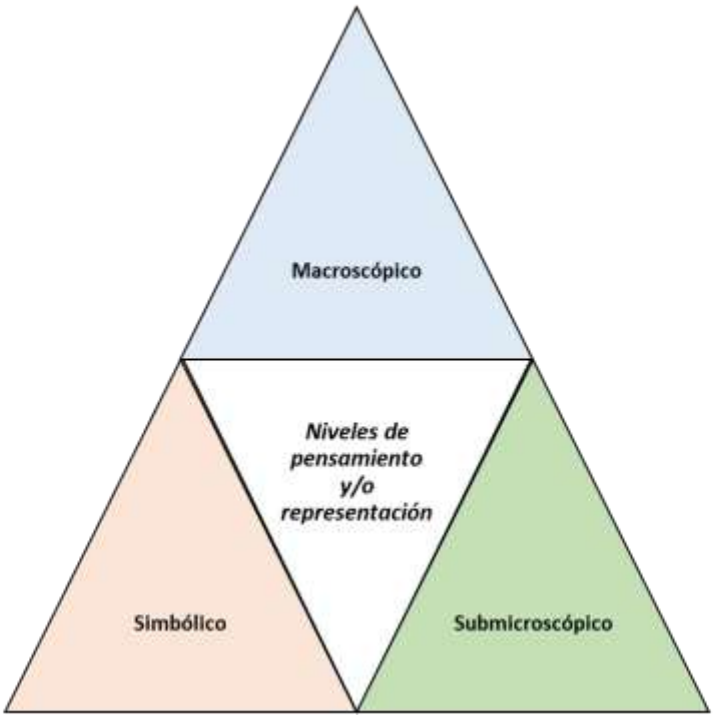


Figura No. 12: Niveles de representación y/o pensamiento de Johnstone. Adaptado de

Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. Journal of computer assisted learning, 7(2), 75-83. Elaboración propia (2023).

Dentro de este marco didáctico, Galagovsky y Adúriz-Bravo (2001) proponen una clasificación de las representaciones que se ven involucradas en el aula de clases de ciencias, entre ellas se encuentran las representaciones científicas, representaciones concretas y análogos concretos; en el primer tipo de representación se encuentran las imágenes obtenidas de algún método que requiera del uso de instrumentos tecnológicos, permitiendo el análisis por parte de expertos, su interpretación, aplicaciones y limitaciones comprendiendo la naturaleza de medición de las herramientas utilizadas; las representaciones concretas involucran las imágenes asociadas a un modelo científico, allí se dividen las percepciones entre el experto que comprende la simplificación del concepto científico estableciendo sus aplicaciones y limitaciones, mientras que el aprendiz suele sustituir la entidad científica por la nueva concepción considerándola como verdad absoluta; el último tipo propuesto está formado por los dispositivos didácticos que facilitan el aprendizaje de conceptos abstractos mediante el uso de situaciones y conceptos referentes en la estructura cognitiva de los estudiantes (Galagovsky, Adúriz-Bravo, 2001).

Continuando con los tipos de representación propuestos, Pozo et. al. (2006) agrega dos representaciones tomando como marco de referencia las concepciones sobre el aprendizaje y la enseñanza, las cuales poseen raíces socioculturales debido al intercambio cotidiano entre los diferentes actores educativos, estas representaciones son las explícitas y las implícitas; las representaciones explícitas se caracterizan por desarrollar competencias del saber decir situándose dentro de la educación formal (Roa,

2014), mientras que las representaciones implícitas resultan de la exposición reiterada y de manera inconsciente de escenarios regulados por principios no articulados, dentro de las características de este tipo de representación se encuentra que son un saber hacer práctico que cumplen con una función pragmática con una naturaleza dependiente del contexto en que se situé, en consecuencia ayudan a visualizar la articulación de las ideas que tienen las personas (Fernández et. al., 2010).

Finalmente, Guilar (2009) menciona tres tipos de representación que utilizan los seres humanos para representar su realidad postulados por Jerome Bruner. Las representaciones enactivas que comprenden las asociaciones generadas al vincular una acción; las representaciones icónicas entre las cuales se encuentran las esquematizaciones o imágenes que se apoyan en el dibujo y que generalmente son mayormente utilizadas por los estudiantes para representar realidades científicas y las representaciones simbólicas que no difiere en su definición con las ya abordadas en este apartado. El entender la diversa cantidad de representaciones que surgen diariamente en las aulas de clase, permite entender como los estudiantes están llegando a los conocimientos curriculares de la química planteados por las instituciones gubernamentales pertinentes.

PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO EN LA CULTURA EDUCATIVA

El proceso de construcción del conocimiento ha sido abordado por los diferentes enfoques que, a lo largo de la historia educativa, se le han dado al proceso de enseñanza

y aprendizaje en la escuela; debido a ello se pueden encontrar diferentes maneras de entender este proceso, desde una relación docente-estudiante diferenciada, hasta el reconocimiento de un proceso conjunto que requiere de las ideas de todos los actores educativos. Sobre esto, Municio y Crespo (1998) reflexionan acerca de los enfoques constructivistas que se le da al proceso de enseñanza y aprendizaje en las ciencias, afirmando que lejos de ser procesos de repetición como los del enfoque tradicional, implican transformar la mente de quien aprende, generando una reconstrucción casi que cultural y por tanto una enseñanza de las ciencias en las que los saberes no sean presentados como productos acabados o definitivos. En consecuencia, se proponen tres procesos fundamentales que permiten la construcción del conocimiento científico en las aulas de clases (Fig. 13) y que serán abordados a continuación uno por uno.

Figura No. 13: Proceso de construcción del conocimiento científico. Información tomada de Municio, J. I. P., & Crespo, M. Á. G. (1998). Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. Ediciones Morata. Elaboración propia (2023).

El primer proceso será la reestructuración teórica, la cual será necesaria en el

momento en el que se superen las teorías alternativas arraigadas en el sistema cognitivo del sujeto acompañadas de nuevos supuestos de carácter epistemológicos, ontológicos y conceptuales, que les permita interpretar las situaciones que se les presenten, dándose a su vez como la última opción después de recurrir al aprendizaje de hechos o al aprendizaje significativo y que se necesite de un cambio en las estructuras conceptuales del estudiantado, este proceso debe empezar por las estructuras simples provenientes del conocimiento cotidiano hasta las estructuras más complejas características de las teorías científicas (Municio y Crespo, 1998). El segundo proceso corresponde a la explicitación progresiva, refiriéndose a un proceso metacognitivo en el cuál las concepciones basadas en supuestos sean parte de un escenario diseñado con el fin de facilitar los procesos de explicitación y posterior cambio conceptual en el alumnado, dicho proceso según Karmiloff-Smith (1992) citado por Municio y Crespo (1998) puede encontrarse en un escenario de interacción social en el que el estudiante sea enfrentado a problemas potenciales, induciendo la comunicación de sus propias concepciones. El tercer y último proceso denominado por Municio y Crespo (1998) como integración jerárquica, parte desde la consideración de que cualquier situación o fenómeno puede ser representado o analizado desde diferentes teorías alternativas las cuales resultan ser predictivas en los contextos cotidianos; la integración permite la discriminación metacognitiva entre los diferentes niveles representacionales del alumnado.

Por último es importante señalar, tal y como lo menciona Municio y Crespo (1988), que cada sistema cognitivo posee unas características específicas que condicionan el proceso de aprendizaje, necesitando de formas conjuntas de adaptación a las

condiciones cambiantes provenientes de la intervención cultural y social; allí el recuerdo se manifiesta como una reconstrucción del pasado, contrario a la idea que le confiere una reproducción fiel del mundo configurándose en un proceso dinámico y de constante reconstrucción. Parte del problema presentado anteriormente comienza desde la concepción que tienen los estudiantes sobre el aprendizaje de las ciencias, ya que como lo menciona Campanario y Otero (2000) citado por González (2017), muchos consideran que aprender ciencias es apropiarse de las fórmulas que permiten la resolución de algunos ejercicios en temáticas que han sido abordadas y descubiertas a lo largo del tiempo, generando una clara ruptura con el proceso constructivista del conocimiento científico en el aula.

IDEAS PREVIAS Y DIFICULTADES EN EL APRENDIZAJE DEL ENLACE QUÍMICO EN LA EDUCACIÓN MEDIA

El proceso de aprendizaje por medio del enfoque constructivista requiere fundamentalmente de la relación existente entre las ideas previas de los estudiantes y los conceptos que se planea enseñar (González, et. Al., 2018). La preocupación de los investigadores y de los educadores por el aprendizaje de las ciencias, señala Justi (2006) llevaron a establecer la importancia de tener en cuenta las ideas previas de los estudiantes en el proceso educativo; esas ideas provienen de dos contextos, el primero elaborado a partir de situaciones cotidianas y el segundo construido durante los años de escolarización anteriores. En relación con lo anterior, tanto Justi (2006) como González et al. (2018) coinciden en indicar que la modificación de las ideas previas es un proceso difícil, ya que generalmente están arraigadas en la estructura cognitiva del estudiante,

en consecuencia serán resistentes al cambio; la primera explicación que surge de esto señala que los estudiantes mantienen una doble perspectiva sobre los conocimientos académicos que les permiten aprobar los exámenes propuestos y las ideas que utilizan para interpretar el mundo que los rodea; mientras que la segunda afirma que las ideas previas les son útiles a los alumnos siempre y cuando estas les permitan justificar las explicaciones que deben dar acerca de los conceptos presentados en el aula de clases.

Ahora bien, dentro de este orden de ideas Driver y Scott (1996) citados por González, et. al. (2018) consideran que una secuencia de enseñanza con enfoque constructivista debe iniciar por la etapa de explicitación de las ideas previas, que le permita tanto al docente el conocimiento de esas ideas como a los estudiantes apropiarse de ellas. Ello con el fin de favorecer un proceso conjunto en el que las ideas puedan ser constatadas y, posteriormente modificadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje; continuando con las siguientes dos etapas las cuales deben facilitar el proceso de reestructuración de las ideas y finalmente una etapa que posibilite la consolidación de las nuevas ideas de los estudiantes. Lo anterior, se resume en cuatro etapas (Fig. 14) propuestas para el proceso de modificación de las ideas previas de los estudiantes; dichas etapas son la explicitación de las ideas, el trabajo experimental para construir explicaciones, la confrontación de las ideas de los estudiantes y por último una etapa de consolidación mediante la aplicación de los modelos generados. Es importante señalar que las esquematizaciones generadas a partir de las ideas previas pueden ser coherentes y cercanos al conocimiento científico sin llegar a establecerse como tales (García-Ruiz, 2019).

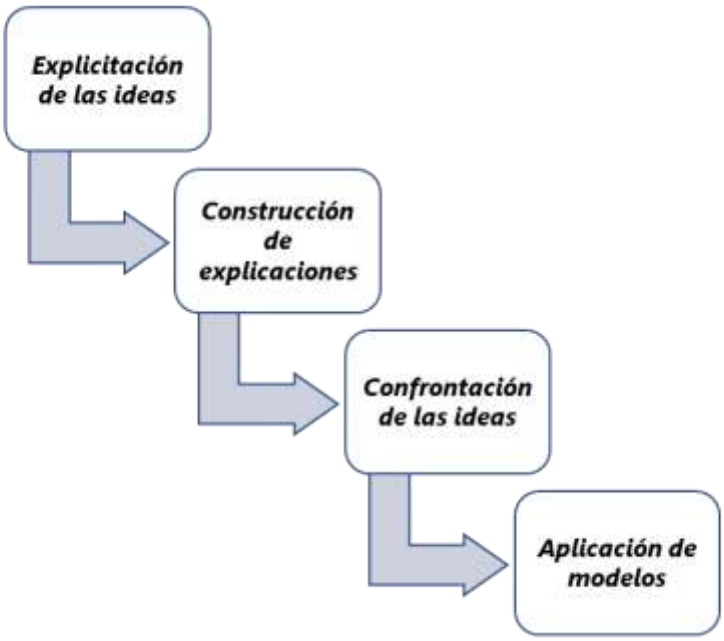


Figura No. 14: Fases de una estrategia de enseñanza con enfoque constructivista. Adaptado de González-Felipe, M. E., Aguirre-Pérez, C., Fernández-Cézar, R., & Vázquez-Moliní, A. M. (2018). Concepciones alternativas de los alumnos de educación secundaria sobre el enlace químico. Didácticas Específicas. Elaboración propia (2023).

Desde una perspectiva más general, debido al interés investigativo por comprender las modificaciones de las ideas de los estudiantes para acercarlas al conocimiento científico, Duit y Treagust (2003) citados por Justi (2006) sugieren tres argumentos con elementos importantes de las propuestas que persiguen dicho fin (Fig. 15); como primer argumento considera importante comprender que las ciencias engloban conocimientos de conceptos y principios científicos, destacando que dichos conceptos no existen de forma aislada unos de otros; el segundo argumento sugiere que no se debe hacer énfasis solamente en lo racional como estructura lógica de los contenidos sino que se deben abordar de igual manera los componentes afectivos y sociocognitivos de los aprendizajes; el último argumento plantea que debido a que el aprendizaje es un proceso de enriquecimiento y reestructuración conceptual, no se debe hacer énfasis en el

conflicto cognitivo derivado de los procesos de cambio.

Figura No. 15: Proceso de construcción del conocimiento científico. Información tomada de Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas. Elaboración propia (2023).

Parte fundamental de los contenidos para el área de la química que se imparten en los niveles de secundaria y media en las instituciones educativas son los enlaces químicos, considerado en la literatura como un concepto determinante en la explicación o predicción del comportamiento de la materia mediante la comprensión de sus interacciones moleculares (García-Ruiz, 2019); convirtiéndose en uno de los conceptos estructurantes de la química según Pauling (1992), García y Garritz (2006) citados por Ángel (2018), también se identifica frecuentemente como uno de los conceptos más problemáticos y difíciles de comprender por los estudiantes. De acuerdo a las concepciones previas que tienen los estudiantes acerca del enlace químico la literatura

investigativa es amplia, sin embargo se abordaran algunas de mayor relevancia para el presente trabajo; el primer trabajo lo realizan García y Garritz (2006), en el resaltan cuatro ideas comunes, mientras que en los trabajos reportados por Ordoñez (2016) citado por Serna (2020) se realiza una recopilación de ideas alternativas tomadas de Taber (1994), Boo (1998), De Posada (1999), Garcés, Herrera y Velázquez (2008) permitiendo contrastar las ideas de los diferentes autores (Tab. 7).

García Franco, A., & Garritz Ruiz, A. (2006).	*Hay una "necesidad" de los átomos de tener los octetos completos.*	
	El marco de referencia para la formación de enlace es completar el octeto por compartición o ganancia / pérdida.	
	En el enlace iónico, la interacción sólo se da entre los pares de iones formados por la ganancia o pérdida del electrón.	
	Los enlaces formados están definidos por la valencia.	
Ordoñez Acosta, C. F. (2016)	***Taber, K. (1994).***	Los átomos para alcanzar la configuración de un gas noble tienen la necesidad de transferir un electrón.
	Boo, H. K. (1998).	En el proceso de ruptura de enlace se necesita energía, por tanto, esta energía es liberada.
		Para que se forme el enlace es necesario que participen un par de electrones entre dos átomos.
	De Posada, J. M. (1999).	En los átomos existe un campo de atracción que permite que estos se combinen.
		A partir de los estados de agregación se combinan los átomos.
		Las diferentes cargas situadas en los átomos hacen posible la unión entre ellos.
		Los átomos tienden a llenar su configuración electrónica lo que hace posible la formación del enlace.

	Garcés, S., Herrera, A., & Velázquez, L. (2008).	En la materia se presentan interacciones que permiten que se forme una fuerza electromagnética.
		La interacción que hay entre los átomos se representa mediante un modelo.

Tabla No. 7: Concepciones alternativas de los estudiantes acerca del enlace químico. Adaptado y tomado de García Franco, A., & Garritz Ruiz, A. (2006). Desarrollo de una unidad didáctica: el estudio del enlace químico en el bachillerato. Enseñanza de las Ciencias, 24(1), 111-124. Y Ordoñez Acosta, C. F. (2016). Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto enlace químico. Departamento de Matemáticas y Estadística. Elaboración propia (2023).

En cuanto a las dificultades presentadas en los estudiantes durante el proceso aprendizaje de los enlaces químicos, González et. al. (2018) afirma que el concepto de enlace químico es de los más abstractos y complejos de la química; a su vez clasifica las dificultades en intrínsecas y terminologías de la disciplina; las dificultades causadas debido al pensamiento y proceso de razonamiento de los estudiantes; y por último las dificultades provenientes de la forma de enseñanza de los contenidos (Fig. 16).

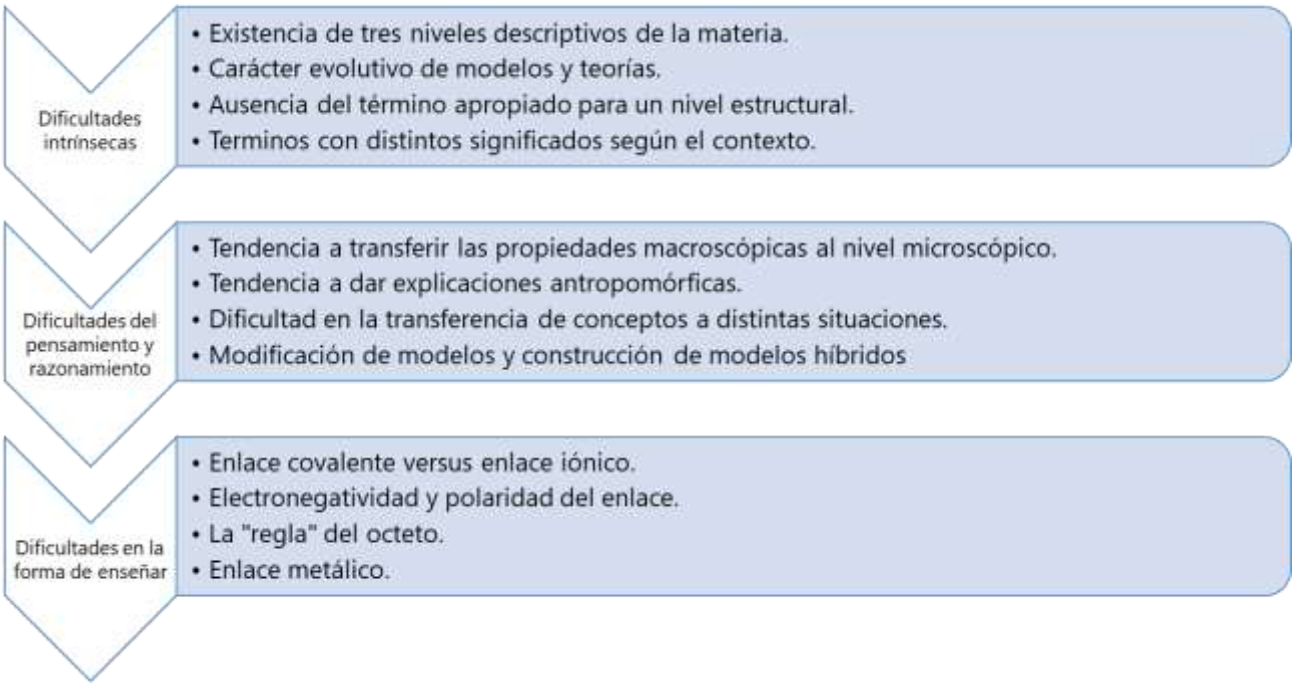


Figura No. 16: Dificultades encontradas en el proceso de enseñanza y aprendizaje del enlace

químico. Información tomada y adaptada de J González-Felipe, M. E., Aguirre-Pérez, C., Fernández-Cézar, R., & Vázquez-Moliní, A. M. (2018). Concepciones alternativas de los alumnos de educación secundaria sobre el enlace químico. Didácticas Específicas. Elaboración propia (2023).

Finalmente con los capítulos abordados, el trabajo presentado se encamina hacia el diseño metodológico, el cual abordará los elementos comprendidos por la historia y epistemología del concepto del enlace químico durante el siglo XIX hasta el siglo XX, así como las ideas de la literatura investigativa en didáctica de las ciencias que generan una mejor construcción de la unidad didáctica, planteada para aplicarse en estudiantes de la educación media, cumpliendo con los parámetros normativos establecidos por el Ministerio de Educación Nacional (MEN) y con las concepciones constructivistas del proceso de enseñanza-aprendizaje.

DISEÑO METODOLÓGICO

En el siguiente capítulo, se presentan los apartados correspondientes al diseño y planteamiento de la propuesta didáctica para favorecer la construcción de representaciones sobre los enlaces químicos de Gilbert Newton Lewis a través de modelos en estudiantes de grado 10°, teniendo en cuenta el marco normativo legal vigente establecido por el MEN y las etapas acordes a los objetivos planteados al inicio del presente documento. A continuación, se realiza un proceso de profundización de cada una de las etapas, así como los planteamientos normativos que serán eje fundamental de la propuesta didáctica.

MARCO NORMATIVO

En el presente apartado se consideran los lineamientos normativos establecidos por el Gobierno Nacional de Colombia (GNC) y el Ministerio de Educación Nacional (MEN), que a día de hoy (2023) rigen el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales en el país; desde el abordaje de los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales (EBC) hasta los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA). Teniendo en cuenta a su vez, los decretos y las leyes dictaminadas con el fin de guiar y fortalecer el proceso educativo/formativo tanto de estudiantes como de los docentes en formación en el área de las ciencias naturales. Considerando que la propuesta didáctica manifiesta su enfoque hacia los estudiantes de décimo grado, se profundizará en lo referente a la educación media en el contexto colombiano; sin

embargo, es importante resaltar como punto de partida lo establecido por la Constitución Política de Colombia de 1991 que regula el estado social de derecho y que aborda el tema educativo en los siguientes artículos:

Artículo 45: *"El adolescente tiene derecho a la protección y a la formación integral. El Estado y la sociedad garantizan la participación activa de los jóvenes en los organismos públicos y privados que tengan a cargo la protección, educación y progreso de la juventud" (De Colombia, C. P., 1991).*

Artículo 67: *"La educación es un derecho de la persona y un servicio público que tiene una función social: con ella se busca el acceso al conocimiento, a la ciencia, a la técnica, y a los demás bienes y valores de la cultura... la educación formará al colombiano en el respeto a los derechos humanos, a la paz y a la democracia; y en la práctica del trabajo y la recreación, para el mejoramiento cultural, científico, tecnológico y para la protección del ambiente" (De Colombia, C. P., 1991).*

Artículo 70: *"El Estado tiene el deber de promover y fomentar el acceso a la cultura de todos los colombianos en igualdad de oportunidades, por medio de la educación permanente y la enseñanza científica, técnica, artística y profesional en todas las etapas del proceso de creación de la identidad nacional" (De Colombia, C. P., 1991).*

Artículo 79: *"Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano.... es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas*

de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines" (De Colombia, C. P., 1991).

Dos años después de la llegada de la constitución política de Colombia, se reglamentó uno de los componentes más importantes para el sector educativo en el país; el 8 de febrero de 1994 se expide la ley 115, también denominada ley general de educación la cual regula la prestación del servicio educativo, a su vez, establece en su artículo 92 el fin del proceso educativo de los estudiantes en los diferentes niveles y en el contexto nacional donde *"la educación debe favorecer el pleno desarrollo de la personalidad del educando, dar acceso a la cultura, al logro del conocimiento científico y técnico y a la formación de valores éticos, estéticos, morales, ciudadanos y religiosos, que le faciliten la realización de una actividad útil para el desarrollo socioeconómico del país"* (De Educación L. G., 1994). Dicho fin se sustenta de manera complementaria al inicio de la ley, específicamente en el quinto artículo, a fin a lo establecido anteriormente por el artículo 67 de la constitución política, con sus respectivos numerales que se señalan a continuación:

Numeral 5: *"La adquisición y generación de los conocimientos científicos y técnicos más avanzados, humanísticos, históricos, sociales, geográficos y estéticos, mediante la apropiación de hábitos intelectuales adecuados para el desarrollo del saber" (De Educación L. G., 1994).*

Numeral 7: *"El acceso al conocimiento, la ciencia, la técnica y demás bienes y*

valores de la cultura, el fomento de la investigación y el estímulo a la creación artística en sus diferentes manifestaciones" (De Educación L. G., 1994).

Numeral 9: *"El desarrollo de la capacidad crítica, reflexiva y analítica que fortalezca el avance científico y tecnológico nacional, orientado con prioridad al mejoramiento cultural y de la calidad de la vida de la población, a la participación en la búsqueda de alternativas de solución a los problemas y al progreso social y económico del país" (De Educación L. G., 1994).*

Numeral 10: *"La adquisición de una conciencia para la conservación, protección y mejoramiento del medio ambiente, de la calidad de la vida, del uso racional de los recursos naturales, de la prevención de desastres, dentro de una cultura ecológica y del riesgo y la defensa del patrimonio cultural de la Nación" (De Educación L. G., 1994).*

Lo mencionado anteriormente se relaciona con la enseñanza de las ciencias naturales de manera directa, y se complementa con los objetivos establecidos para cada nivel educativo relacionados igualmente con las ciencias naturales; debido a que la propuesta didáctica va dirigida para implementarse con estudiantes de grado décimo se mencionarán los objetivos establecidos en el artículo 30 de la ley 115 de 1994. El primer objetivo menciona la profundización en uno de los campos de conocimientos avanzados de las ciencias naturales; el segundo objetivo agrega la investigación a los procesos cognoscitivos del estudiante, ello involucra tanto los laboratorios como la realidad nacional en temas naturales, económicos, políticos y sociales; el tercer objetivo estable

el desarrollo de la capacidad para profundizar en un campo de conocimientos teniendo en cuenta las potencialidades e intereses; y por último, el cuarto objetivo indica la vinculación a programas de desarrollo y organización social y comunitaria, orientados a dar solución a los problemas sociales de su entorno.

Por consiguiente, el artículo 78 de la ya mencionada ley fue el punto de partida para la regulación del currículo, allí se define que el MEN será el encargado del diseño de los lineamientos generales de los procesos curriculares, mientras que las instituciones educativas del país tendrán la labor de ajustar los planes educativos acorde a su Proyecto Educativo Institucional (PEI) y a las disposiciones dictaminadas por los entes encargados. Dicho artículo daría paso a los lineamientos curriculares en ciencias naturales y educación ambiental reglamentados sobre la base de la ley 715 del 2001; allí se definen las competencias del Ministerio de Educación Nacional en cuanto al diseño y formulación de políticas públicas educativas, destinadas a fortalecer la prestación del servicio educativo en el contexto colombiano mediante la elaboración en el año 2004 de los Estándares Básicos de Competencias (EBC) para diferentes áreas del conocimiento, entre ellas de las ciencias naturales; y tiempo después, en el año 2016 los correspondientes Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA).

Teniendo en cuenta lo anterior, los estándares básicos de competencias establecieron los criterios y puntos de referencia con los cuales los estudiantes están en la capacidad de aprender mediante el saber y el saber hacer en cada una de las áreas pertinentes; constituyéndose como una guía base para las instituciones educativas de

carácter urbano o rural de todo el país, tal y como lo estableció la ley 715 de 2001. Uno de los puntos más importantes de la reforma educativa que planteó el MEN fue el de considerar que los estudiantes no se limitarán a acumular conocimientos, sino que los aprendizajes fuesen pertinentes para su vida y que pudiesen aplicarlos posteriormente para resolver problemas en situaciones cotidianas de su entorno. Por último, los estándares plantean el desafío acerca de la responsabilidad de promover la educación crítica y ética tomando como referencia el reconocimiento por la diversidad; mientras que los problemas ambientales se consolidaban como una de las banderas principales de la educación en Colombia. En cuanto a los derechos básicos de aprendizaje para el área de ciencias naturales, los cuales fueron producto de discusiones que se llevaban realizando desde el año 2015 en el país con diferentes actores educativos, permitieron reconocer un conjunto de aprendizajes estructurantes que, en cada nivel educativo, el estudiante debería ir aprendiendo en las diferentes áreas del conocimiento. Sin embargo, pese a que los DBA señalan elementos para construir rutas de enseñanza que promuevan la consecución de aprendizajes, se enfatiza en que estos no deben ser considerados por las instituciones educativas como una propuesta curricular, ya que estas deben ser articuladas con los diferentes enfoques, metodologías o estrategias que se encuentren definidas en el PEI de la institución educativa ya sea de carácter público o privado.

Finalmente, en los siguientes capítulos se abordarán los estándares básicos de competencias y los derechos básicos de aprendizaje para el área de las ciencias naturales en estudiantes de grado décimo; enfatizando en lo concerniente a la

construcción de representaciones a través de modelos de enlaces químicos como temática central del presente trabajo, y a su vez, tomando como referencia lo establecido por las leyes anteriormente mencionadas. Es importante resaltar que, a día de hoy, las discusiones acerca de las leyes enmarcadas en el proceso de enseñanza/aprendizaje de las diferentes áreas del conocimiento se encuentran latentes y hacen parte de la agenda de los diferentes actores educativos del país.

ENFOQUE Y METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La propuesta didáctica se diseña con el fin de aplicarse mediante un enfoque investigativo de corte mixto, el cual según Cortés e Iglesias (2004) involucra las técnicas utilizadas tanto por los enfoques cuantitativos, como de los cualitativos combinando los procesos para llegar a resultados de una forma superior; se definen como un único estudio que hace uso de estrategias múltiples para responder a la pregunta de investigación y las hipótesis planteadas (Martha, Sousa y Mendes, 2007). A su vez, se pretende que se haga uso de la observación de tipo participante, la cual según Argilaga (1995) se caracteriza por la existencia de conocimientos previos con permisividad de intercambio, dando lugar a iniciativas por parte de cada uno de los actores participes de la aplicación de la propuesta. Teniendo en cuenta que la propuesta se diseña con el fin de observar fenómenos tal y como se dan según el momento en que se aplique, puede desarrollarse en una primera etapa mediante un tipo de diseño transversal con datos obtenidos en un único momento, visto como una fotografía del problema en el momento en que se esté estudiando; y en consecuencia, realizarse de manera longitudinal con el fin de comparar y analizar los datos obtenidos a través del tiempo con el fin de fortalecer

el proceso de enseñanza y aprendizaje de los enlaces químicos en las aulas de clase (Cortés e Iglesias, 2004).

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA POBLACIÓN OBJETIVO

Ante todo, la propuesta didáctica presentada en este trabajo está dirigida a aplicarse en estudiantes de grado décimo de la IED Colegio Nacional Nicolás Esguerra; es por ello que cabe mencionar la importancia histórica que ha tenido la institución educativa en la formación de distintas generaciones de estudiantes de la capital colombiana. Hacía 1938 el congreso de la república expide la ley 35 por el cual se honra la memoria del abogado y político colombiano Nicolás Esguerra, ordenando que el primer colegio nacional que se fundara debía tener su nombre. Con ello se le da el primer nombre a la institución, el cual fue Instituto de Bachillerato Nicolás Esguerra para tiempo después ampliar su cobertura a otros niveles de educación e infraestructura con el nombre que recibe a día de hoy. La institución educativa se encuentra ubicada en la localidad de Kennedy correspondiente a la número 8, según la unidad político-administrativa de la ciudad de Bogotá, D. C., específicamente en la UPZ 44 (Unidad de Planeamiento Zonal) de las américas en el barrio Hipotecho Sur; siendo esta una de las localidades más pobladas de la capital, teniendo esta a su vez, un gran impacto urbanístico e industrial a los alrededores de la institución, la cual cuenta con 70841,17 m^2 de extensión según la Secretaría de Planeación Distrital; a lo anterior se añade que en el entorno interno de la institución se cuente con zonas verdes, canchas para la práctica de una gran variedad de deportes, cafetería, comedor entre otros espacios diferentes a las aulas de clase.

El grupo objetivo consta de un total de 75 estudiantes de grado décimo para la muestra, que hacen parte de los cursos 1001 y 1003 de educación media de la Institución Educativa Distrital Colegio Nacional Nicolás Esguerra en jornada única que va desde las 6:15 am hasta las 13:15 pm; divididos por la institución en dos grupos mixtos de estudiantes, donde el primero (1001) consta de un total de 37 estudiantes, mientras que el segundo (1003) posee 38 estudiantes; en un rango de edades entre los 15 y 17 años.

ETAPAS DEL DISEÑO DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

El diseño de la propuesta didáctica para favorecer la construcción de representaciones sobre los enlaces químicos de Gilbert Newton Lewis a través de modelos en estudiantes de décimo grado consta de cuatro etapas; la primera implica la realización de los mapas de diseño curricular (MDC) pertinentes a la temática a desarrollar; mientras que en la segunda etapa, se realiza la estructuración de la unidad didáctica con sus distintos aspectos; ya en la tercera etapa, se encuentran las actividades que responden al abordaje temático en el aula; y finalmente, la última etapa agrega las propuestas evaluativas a modo de rúbricas en el desarrollo de cada una de las actividades y que constituirán un elemento de análisis de los datos recopilados durante posteriores aplicaciones de la propuesta en las aulas de clase.

Las etapas enunciadas anteriormente nacen del artículo de investigación denominado *“Diseño del trabajo de aula: un proceso fundamental hacia la profesionalización de la acción docente”* de García-Martínez, Hernández-Barbosa y

Abella-Peña (2018) como base fundamental de la construcción de la propuesta didáctica, así mismo, tomando en cuenta las normativas educativas vigentes en el país y mencionadas en capítulos anteriores; cada etapa se aborda en los siguientes capítulos.

MAPAS DE DISEÑO CURRICULAR SOBRE LOS ENLACES QUÍMICOS

En primer lugar, uno de los componentes más importantes de la etapa inicial consiste en la construcción de los mapas de diseño curricular (MDC) que permitirán el desarrollo de las etapas posteriores. Como lo señalan García-Martínez, Hernández-Barbosa y Abella-Peña (2018) los MDC constituyen una herramienta de ayuda para el docente orientando el desarrollo de la unidad didáctica en cuanto a planeación, diseño y posterior organización de la misma; por lo cual permiten trazar las rutas que el docente considere necesarias para para materializar el trabajo didáctico. Sin embargo, los autores manifiestan que dicha herramienta debe ser de único conocimiento del docente, indicando que en dado caso que el estudiante conociera los MDC de antemano, el trabajo creativo y crítico del mismo se vería limitado, en consecuencia, los problemas didácticos no serán resueltos (García-Martínez, Hernández-Barbosa y Abella-Peña, 2018).

En cuanto a la construcción de los MDC, se deben tener en cuenta algunos aspectos; el primero de ellos se relaciona con los propósitos de formación, continuando con el reconocimiento de las ideas previas que tienen los estudiantes respecto al tema a abordar, consecuentemente se deberá abordar el conocimiento científico escolar en el que se ubica la temática a trabajar y finalmente el conocimiento del docente del tema lo cual comprende metodologías, tiempos y estrategias (García-Martínez, Hernández-

Barbosa y Abella-Peña, 2018). Para el desarrollo de esta etapa se diseñaron 3 MDC que comprenden las temáticas relacionadas al enlace químico, su historia y los aportes realizados por Gilbert Newton Lewis; cabe destacar que los MDC aquí presentados pueden ser modificados o complementados dependiendo del concepto del docente que aplique la propuesta didáctica en un grupo específico, cada uno de estos se organizan tal y como lo plantean García-Martínez, Hernández-Barbosa y Abella-Peña (2018), es decir, por niveles partiendo de las ideas previas del estudiante desde lo más concreto a lo abstracto, de abajo hacia arriba.

El primer MDC (Fig. 17) presenta las ideas relacionadas a la concepción general de los enlaces químicos, se construye a partir de las ideas previas y de las dificultades que tienen los estudiantes para su aprendizaje, encontradas en la gran variedad de investigaciones didácticas acerca de la enseñanza de la química.

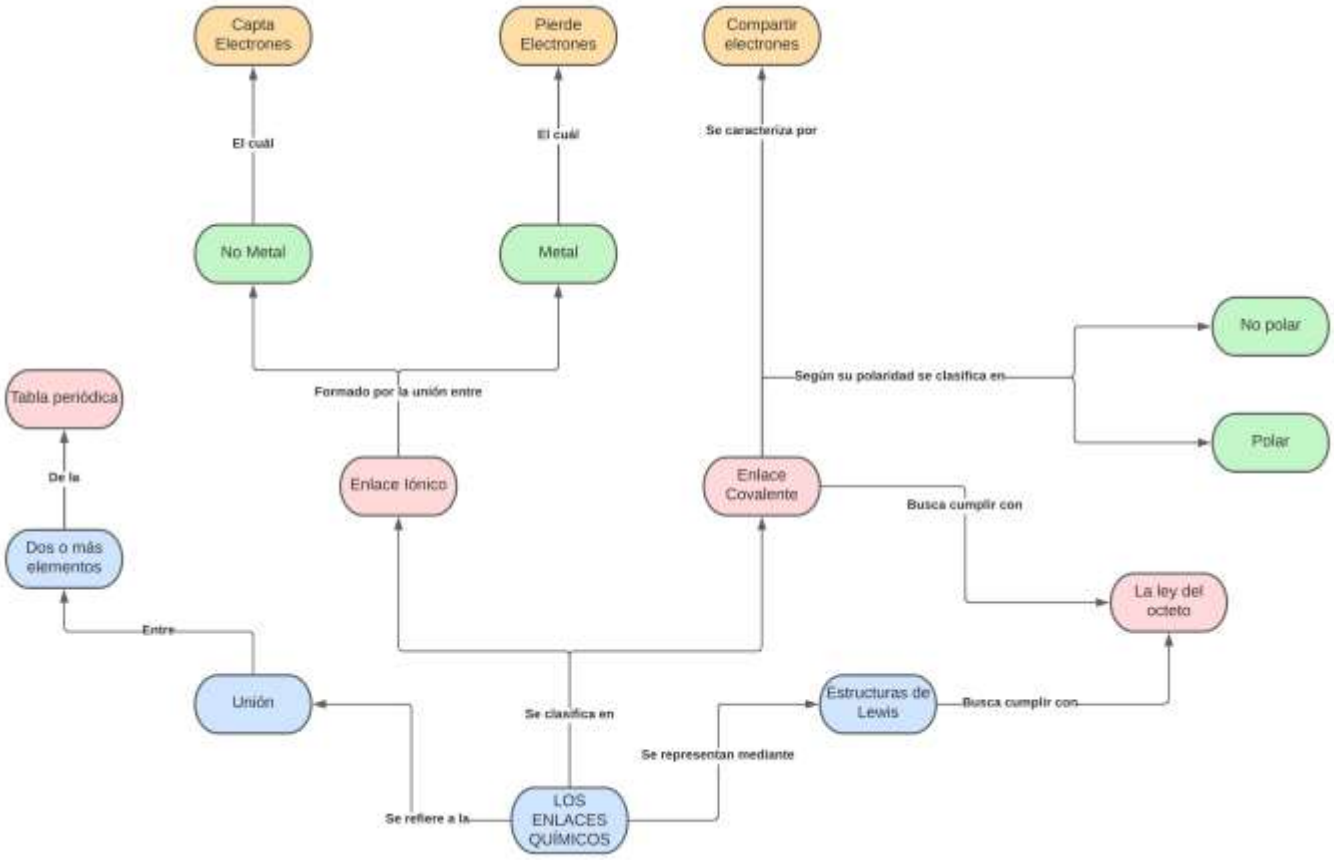


Figura No. 17: Mapa de diseño curricular sobre el concepto general del enlace químico. Elaboración propia (2023).

El segundo MDC propuesto (Fig. 18) se diseña con el fin de relacionar la construcción histórica de la concepción del enlace químico durante el siglo XX, allí se relacionan los trabajos realizados por Walter Kossel, Irving Langmuir y brevemente Gilbert Newton Lewis con sus respectivos aportes. Teniendo en cuenta que cada uno presenta modelos propios, serán de gran importancia para las representaciones que construyan los estudiantes y, posteriormente, las explicaciones de las mismas en el desarrollo de la unidad didáctica.

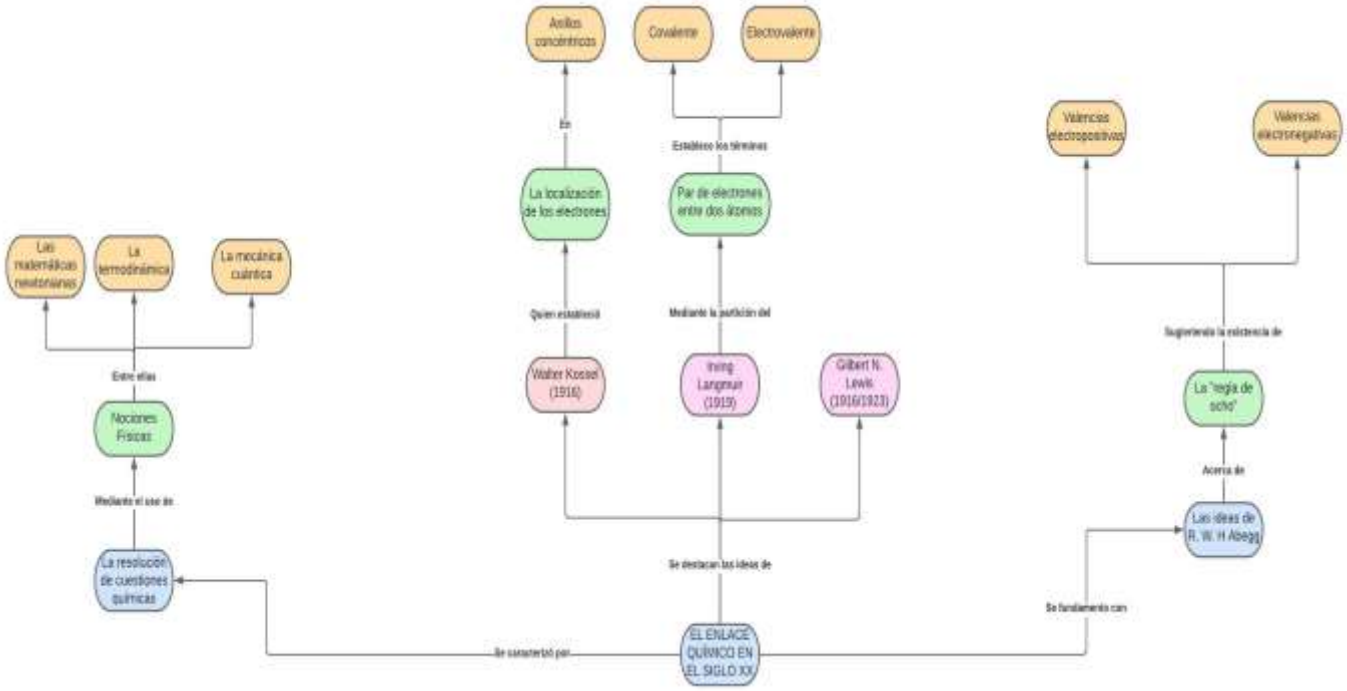


Figura No. 18: Mapa de diseño curricular sobre el desarrollo histórico del concepto del enlace químico en el siglo XX. Elaboración propia (2023).

Finalmente, el tercer MDC (Fig. 19) señala los aportes realizados por el modelo cúbico establecido por Gilbert Newton Lewis para describir algunas de las propiedades químicas encontradas en diferentes elementos químicos; el entendimiento del modelo propuesto por este autor durante el siglo XX se establece como uno de los conceptos estructurantes de la temática a abordar.

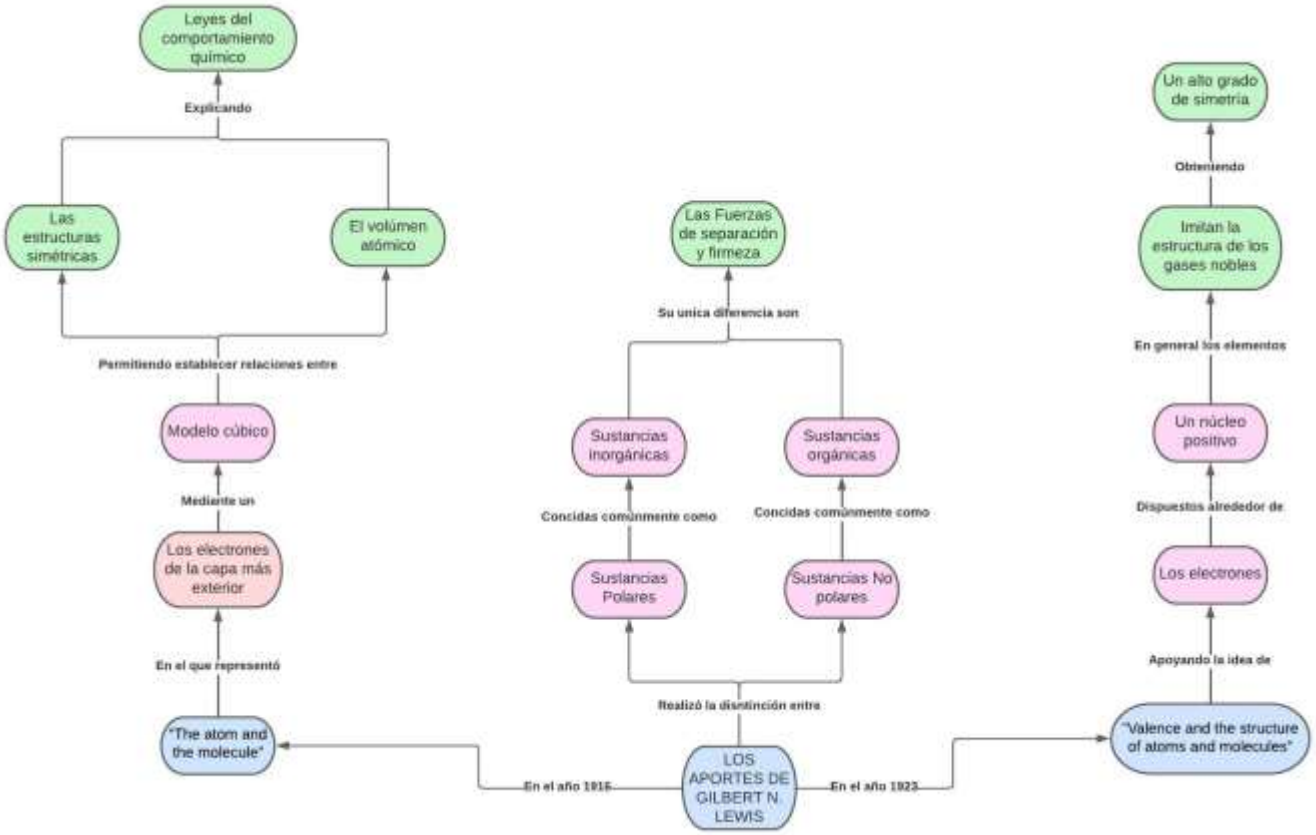


Figura No. 19: Mapa de diseño curricular los aportes realizados por Gilbert Newton Lewis a la concepción del enlace químico. Elaboración propia (2023).

Lo anterior permite avanzar en la estructuración de la unidad didáctica y de la proposición de cada una de las actividades. Es importante resaltar que la modificación o complemento de los MDC deben estar sujetos al análisis del contexto de la institución escolar, su comunidad y sus estudiantes con sus necesidades e intereses propios; y también a las normativas presentadas por las entidades educativas pertinentes (García, et al., 2018).

DISEÑO Y ESTRUCTURACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA

El siguiente punto fundamental en la construcción de la propuesta es, sin lugar a duda, el diseño de la unidad didáctica la cual guiará el proceso de revisión y planteamiento de las actividades con sus respectivas rúbricas evaluativas. Cabe señalar que las unidades didácticas han venido siendo objeto de reestructuración y modificación a lo largo del tiempo con el avance de las investigaciones en didáctica de las ciencias, adaptándose a las necesidades educativas del contexto y consecuentemente complementándose con los resultados presentados por cada una de ellas (García, et al., 2018). A continuación, se presenta la unidad didáctica que se diseña teniendo en cuenta, la contextualización tanto de la institución como del grupo objetivo de estudiantes de grado décimo, el tiempo de ejecución y los métodos empleados para dicho fin (Tab. 8); por consiguiente, se establecen cuatro competencias fundamentales a abordar desde el ámbito comunicativo, procedimental, conceptual y actitudinal con su respectivo resultado de aprendizaje que permitirán obtener análisis de cada una de las actividades propuestas en cuanto al conocimiento científico escolar del enlace químico.

Los Enlaces químicos: Una mirada histórica de Gilbert Newton Lewis desde sus modelos y representaciones	
Contextualización	
Institución *Colegio Nacional Nicolás Esguerra- IED- Calle 9c No. 68-52*	***Grupo de estudiantes:*** El diseño de la propuesta didáctica comprende su aplicación en 75 estudiantes de la media educativa, específicamente para los grados 1001 (37) y 1003 (38) del IED Colegio Nacional Nicolás Esguerra. Según los estándares básicos de competencias en ciencias naturales (2004) los estudiantes de este nivel educativo en cuanto a procesos químicos explican la relación entre la estructura de los átomos y los enlaces que realiza.

Resumen: En la presente propuesta didáctica de enseñanza-aprendizaje del enlace químico se hace uso de 4 tipos diferentes de actividades que involucran la exploración de ideas previas, introducción de conceptos mediante un recorrido histórico desde el siglo XIX hasta el siglo XX, de síntesis, aplicación y transferencia. Involucrando principalmente las propiedades de los elementos, moléculas o compuestos con la construcción de modelizaciones y representaciones adecuadas. Cada una de las actividades propuestas será sometida a un proceso de evaluación mixto con rúbricas que establecen relaciones cuantitativas y cualitativas y que en consecuencia favorecerán los análisis correspondientes a los modelos y representaciones construidos por los estudiantes de grado décimo.

Objetivo General	Aplicar y diseñar una unidad didáctica de naturaleza constructivista para desarrollar con estudiantes de grado 10° de educación media la elaboración de modelos y representaciones acerca de los enlaces químicos propuestos desde las teorías de Gilbert Newton Lewis para explicar propiedades químicas de los elementos.
Competencias	
Comunicativo	● Explica la relación existente entre los modelos y representaciones del enlace químico establecidas por Walter Kossel, Irving Langmuir y principalmente de Gilbert N. Lewis durante el siglo XX.
Procedimental	● Identifica los diferentes tipos de representaciones sobre el enlace químico que se generaron durante el siglo XIX y hasta el siglo XX, en relación a diversas moléculas o compuestos.
Conceptual	● Reconoce las propiedades y naturaleza de los elementos químicos mediante la elaboración y reconocimiento de los modelos y representaciones de los enlaces químicos tomando como referencia los aportes de Gilbert Newton Lewis.
Actitudinal	● Evalúa la importancia de la construcción de modelos y representaciones de los enlaces químicos durante el siglo XX para el avance del conocimiento químico hasta la actualidad.

Justificación: El desarrollo efectivo de la unidad didáctica permitirá desarrollar en los estudiantes habilidades de trabajo cooperativo; a su vez, llevará a los estudiantes a establecer la importancia histórica que tienen los trabajos realizados por autores como Walter Kossel, Irving Langmuir y Gilbert Newton Lewis durante el siglo XX, realizando también una revisión de los aportes dados a finales del siglo XIX a la construcción del concepto de enlace químico. La propuesta constituye una forma de fortalecer el desarrollo de algunas competencias en los estudiantes de grado décimo del IED Colegio Nacional Nicolás Esguerra, de la misma forma como un instrumento de apoyo para los docentes tanto en formación como profesionales.

Población a la que va dirigida	*Ciclo 5- Grado Décimo- Curso de química*	
Tiempo	***Número de sesiones con cada curso***	***Número de Horas con cada curso***
	6 sesiones	***9 horas***
Tema, tópico generativo, concepto estructurante	***General***	***Específicos***
	Los modelos del enlace químico.	El modelo de enlace de Gilbert N. Lewis, Walter Kossel e Irving Langmuir; La teoría del enlace polar; valencia y contravalencia.
Materiales	Se usarán para las sesiones propuestas dos métodos tanto experimentales como representativos. El método experimental se desarrollará en un laboratorio en el que se determinen las propiedades de las estructuras cristalinas en algunas sales. En el método representativo se propone desarrollar una actividad grupal con materiales convencionales; en un primer momento se busca que los estudiantes mediante materiales como cartulinas, marcadores, etc, logren representar los modelos propuestos por los diferentes autores vistos, para posteriormente al usar elementos de su cotidianidad construyan los modelos en lo que se considerará como estructuras tridimensionales.	
Bibliografía	***Kossel, W. (1916). Über molekülbildung als frage des atombaus. Annalen der Physik, 354(3), 229-362.*** ***Langmuir, I. (1919). The arrangement of electrons in atoms and molecules. Journal of the American Chemical Society, 41(6), 868-934.*** ***Lewis, G. N. (1916). The atom and the molecule. Journal of the American Chemical Society, 38(4), 762-785.*** ***Lewis, G. N. (1923). Valence and the Structure of Atoms and Molecules (No. 14). Chemical Catalog Company, Incorporated.***	

Tabla No. 8: Planteamiento de la unidad didáctica acerca de la propuesta para favorecer la construcción de representaciones sobre los enlaces químicos de Gilbert Newton Lewis a través

de modelos en estudiantes de décimo grado. Adaptado y tomado de García-Martínez, Á., Hernández-Barbosa, R., & Abella-Peña, L. (2018). Design trabalho de aula: um processo fundamental para a profissionalização da ação docente. Revista científica, (33), 316-331.

Cabe señalar, que, por otra parte, según García, et al. (2018) las unidades didácticas deben tomar los elementos del currículo con el fin de tener en cuenta tanto las ideas previas de los estudiantes como la diversidad de los mismos dentro del aula de clase; formando parte de un sistema que se correlaciona entre sí. las propiedades y naturaleza de los elementos químicos mediante la elaboración y reconocimiento de los modelos y representaciones de los enlaces químicos de Gilbert Newton Lewis.

Por último, los métodos planteados en el diseño de la unidad didáctica logran abarcar dos grandes aspectos de la propuesta de este trabajo; en primer lugar, al tener en cuenta la experimentación se le otorga un estímulo práctico-visual a los estudiantes, donde a medida que se despierta el interés por las ciencias químicas se van observando fenómenos del mundo micro relacionados con propiedades del mismo campo; mientras que con el enfoque representativo se intenta que los estudiantes a través de la construcción y recreación de algunos modelos del enlace químico logren realizar representaciones a una escala visual con materiales convencionales.

ACTIVIDADES PROPUESTAS PARA EL DESARROLLO DE LA UNIDAD DIDÁCTICA

En el siguiente apartado se enuncian cada una de las actividades diseñadas, con el fin de orientar el proceso de aplicación de la propuesta didáctica con los cursos de grado décimo mencionados en anteriores capítulos. La aplicación consta de cuatro

actividades a realizar (ver anexos 2), donde la primera establece la exploración de ideas previas de los estudiantes respecto a los modelos y representaciones del enlace químico durante el siglo XX; posteriormente se encuentra la actividad de introducción de conceptos donde se enfatiza en los trabajos realizados por medio de un recorrido histórico del concepto; después se agrega la actividad de síntesis y, finalmente la actividad correspondiente al factor de aplicación y transferencia. Entre cada una de las actividades planteadas se realiza el proceso de vinculación con los métodos representativos a través del uso de materiales de la cotidianidad de los estudiantes y experimentales en cuanto al desarrollo de algunas prácticas de laboratorio. Lo anterior constituye un proceso de secuenciación en el diseño de la unidad didáctica, donde las actividades propuestas determinarán el alcance de los objetivos de la propuesta (García, et al., 2018), así mismo serán parte fundamental del proceso de análisis de los instrumentos recogidos a lo largo de la aplicación didáctica en el aula de clases.

ACTIVIDAD DE EXPLORACIÓN DE IDEAS PREVIAS

Resulta importante establecer que, en primer lugar, la actividad de exploración de ideas previas se fundamenta bajo la noción por la cual, estas concepciones hacen parte de la interpretación individual tanto de los fenómenos naturales, como de los conceptos científicos que los sujetos construyen a partir de descripciones o predicciones, formando parte de una red semántica que tiene como característica principal ser resistente al cambio y que por ello, se presenta como una estructura diferente a los esquemas conceptuales científicos (Bello, 2004). Desde una perspectiva a fin a las ideas del aprendizaje significativo de David Ausubel, el conocimiento se forma mediante la relación

entre las ideas previas de los estudiantes y la nueva información presentada a lo largo del proceso de enseñanza-aprendizaje (Castillo et al. 2013). Lo anterior permite relacionar el conocimiento científico con el conocimiento cotidiano de los estudiantes; a continuación, se presenta la organización y estructura base de la actividad de exploración de las ideas previas (Tab. 9) respecto al tema de los modelos de enlace químico.

Nombre de la Actividad	***Viaje de exploración por los conceptos básicos para entender los modelos de enlace químico***
Tipo de Actividad	***Actividad de exploración de ideas previas***
Enunciado de la actividad	La actividad se realizará de manera individual donde los estudiantes a partir de sus concepciones den respuesta a cada uno de los puntos que se establecen en la guía de la actividad.
Competencia	**Comunicativo**: Explica la relación existente entre los modelos y representaciones del enlace químico establecidas por Walter Kossel, Irving Langmuir y principalmente de Gilbert N. Lewis durante el siglo XX.
¿Por qué la clasifica como una actividad de exploración?	La actividad se clasifica como exploración de ideas puesto que se diseña con el fin de identificar y analizar las nociones previas que tienen los estudiantes de los conceptos de átomo, molécula, elemento, compuesto y sus representaciones. A su vez, con los diferentes puntos de la actividad, se espera que los estudiantes por medio de modelos propios y un lenguaje cotidiano lleguen a explicar las nociones de los conceptos anteriormente mencionados, estableciendo las semejanzas y diferencias que se pueden encontrar de los diferentes modelos de enlace químico. Cumpliendo a cabalidad la actividad se podrá continuar con el desarrollo de la unidad didáctica basada en el tema de ***los modelos de enlace químico.***
¿Qué se pretende con la actividad?	Se pretende que los estudiantes comprendan que toda la materia está constituida por un número reducido de elementos que se combinan dando origen a las diferentes sustancias y objetos conocidos. Mientras que con ello, establecen relaciones entre los modelos postulados durante el siglo XX y, por último, realizan sus propias representaciones de cada uno de los conceptos e ideas mencionadas anteriormente.

¿Qué hace el profesor y qué hace el estudiante?	***Profesor:*** Se centrará en ser un guía, aclarando y respondiendo dudas.	***Estudiante:*** Tendrá un papel crítico, analiza la información dada y la apropia a su conocimiento.
Seguimiento y retroalimentación	Para los criterios de evaluación se emplea una rúbrica que aparece en el apartado de proceso y diseño de los instrumentos de evaluación. **Retroalimentación:** se harán preguntas explicativas en el transcurso de la clase, para aclarar cualquier duda. Al finalizar se organizarán en grupos establecidos previamente donde se afianzarán los conceptos, opinando sobre las ideas alternativas que poseen cada uno de los estudiantes de los conceptos presentados en la guía de la actividad.	
Espacio, tiempo y recursos	***Espacio:*** Laboratorio de ciencias naturales. ***Tiempo:*** Una sesión de 1 hora ***Recursos:*** Guía de trabajo.	

Tabla No. 9: Diseño y organización de la actividad de exploración de ideas previas. Adaptado y tomado de García-Martínez, Á., Hernández-Barbosa, R., & Abella-Peña, L. (2018). Design trabalho de aula: um processo fundamental para a profissionalização da ação docente. Revista científica, (33), 316-331.

La actividad de exploración de ideas previas presenta una estructura a fín al desarrollo de la competencia comunicativa, establecida previamente en la unidad didáctica, con la cual se espera cumplir el resultado de aprendizaje propuesto mediante el desarrollo individual de la guía de trabajo, y que posteriormente será discutida entre los grupos que los estudiantes formaron con anterioridad para su retroalimentación. En la guía de trabajo se abordan conceptos principales para entender los enlaces químicos, a su vez, pretende establecer las diferencias o semejanzas que los estudiantes identifiquen de los modelos postulados por Walter Kossel, Irving Langmuir y Gilbert Newton Lewis, mientras que formulan sus propias representaciones, teniendo en cuenta su cotidianidad y los aprendizajes adquiridos durante los años de instrucción

escolarizada previa (Ver anexo 2.1). Finalmente, para su realización se utilizará el espacio del laboratorio de ciencias naturales de la institución educativa y contará con un tiempo de desarrollo de una hora.

ACTIVIDAD DE INTRODUCCIÓN DE CONCEPTOS

Continuando con el desarrollo de las actividades afines a la unidad didáctica y a la propuesta, se encuentra la actividad de introducción de conceptos; en ella, se establece la importancia de diseñar nuevas formas de dar a conocer un tema en el aula de clases, a su vez, plantea la necesidad de que los estudiantes construyan sus propios modelos de interpretación de los fenómenos químicos que se le presentan en determinadas temáticas (García, et al., 2018). La actividad anteriormente mencionada tiene como objetivo principal generar un proceso reflexivo en el estudiante, que le permita apropiarse tanto de la información que adquiere como de las nuevas ideas que puedan surgir en el proceso aplicativo; seguidamente se presenta el diseño de la actividad de introducción de conceptos (Tab. 10) que se aplicará en el presente trabajo con los estudiantes de grado décimo.

Nombre de la Actividad	**La odisea del concepto de enlace químico: Rastreando la evolución de un concepto fundamental del siglo XIX al siglo XX**
Tipo de Actividad	***Actividad de introducción de conceptos***
Enunciado de la actividad	En el desarrollo de la actividad se encuentra una lectura resumen de los aportes realizados por diferentes autores al concepto de enlace químico durante los siglos XIX y XX, esta lectura será complementada por una previa charla en la que se utilizarán algunos recursos como videos para profundizar aún

	más en el componente histórico de la unidad didáctica. Posteriormente los estudiantes desarrollarán los puntos propuestos mediante el uso de diferentes recursos didácticos.	
Competencia	**Procedimental:** Identifica los diferentes tipos de representaciones sobre el enlace químico que se generaron durante el siglo XIX y hasta el siglo XX, en relación a diversas moléculas o compuestos.	
¿Por qué la clasifica como una actividad introducción de conceptos?	La actividad se clasifica como introducción de conceptos debido a que se diseña teniendo en cuenta modelos y representaciones que por lo general no son conocidos por los estudiantes, con ello se pretende evidenciar en las aulas de clase la evolución y los cambios que han tenido dichos modelos mientras que se piensan y se diseñan nuevas formas de representar los enlaces, con el fin de facilitar la comprensión el tema de **los modelos de enlace químico.** En esta actividad se espera que los estudiantes por medio de la comprensión histórica del concepto y de un lenguaje más científico puedan apropiarse de los diferentes modelos y representaciones anteriormente mencionados.	
¿Qué se pretende con la actividad?	Se pretende que los estudiantes comprendan las distintas interpretaciones que generaron las representaciones y modelos de enlace químico durante el siglo XIX y el siglo XX, a su vez, que se relacione con las concepciones actuales de molécula y compuesto a través del diseño de los mismos con materiales cotidianos como el caso de los palillos y las frutas.	
¿Qué hace el profesor y qué hace el estudiante?	***Profesor*** Se centrará en ser un guía, aclarando y respondiendo dudas.	***Estudiante*** Tendrá un papel crítico, analiza la información dada y la apropia a su conocimiento.
Seguimiento y retroalimentación	Para los criterios de evaluación se emplea una rúbrica que aparece en el apartado de proceso y diseño de los instrumentos de evaluación. **Retroalimentación:** Durante el transcurso de la actividad se hará pausas, en las que se le pregunten a los estudiantes para que nos sirve o se usan lo diferentes modelos antes mencionados y terminando la sesión se hará una retroalimentación de toda la actividad para aclarar cualquier duda.	
Espacio, tiempo y recursos	Espacio: Salón de Clase.	

	Tiempo: Dos sesiones con cada curso, la primera sesión comprende un tiempo de dos horas y la segunda sesión una hora Recursos: Videos, Guía de trabajo, frutas y palillos.

Tabla No. 10: Diseño y organización de la actividad de introducción de conceptos. Adaptado y tomado de García-Martínez, Á., Hernández-Barbosa, R., & Abella-Peña, L. (2018). Design trabalho de aula: um processo fundamental para a profissionalização da ação docente. Revista científica, (33), 316-331.

Dentro del diseño de la actividad de introducción de conceptos se encuentran un total de 5 actividades (ver anexo 2.3); la primera, hace énfasis en conocer las opiniones que tienen los estudiantes respecto al tema presentado; posteriormente, se presenta la actividad de formación de moléculas y compuestos mediante el uso de frutas y palillos, de forma tal que puedan realizar sus propias representaciones de enlace con algunos ejemplos, de la misma forma que consigan relacionar los conceptos adquiridos durante el desarrollo de la sesión en el aula de clase; por consiguiente, se plantea la realización de una línea del tiempo la cual deberá ser diseñada teniendo en cuenta las fechas y los aportes mencionados en la sesión de clase, con esta actividad se busca que los estudiantes comprendan la importancia de la evolución de los conceptos fundamentales de la química como el caso de los enlaces químicos; seguidamente de un punto a desarrollar en el que deberán dibujar y escribir las características de los modelos presentados por Kossel, Langmuir y Lewis durante el siglo XX; finalmente los estudiantes deberán relacionar los modelos presentados con sus respectivos autores y fechas en las que fueron publicados.

ACTIVIDAD DE SÍNTESIS

De acuerdo con García, et al. (2018), la actividad de síntesis pretende identificar

los nuevos conocimientos o modelos adquiridos por los estudiantes, debido a ello debe generar un proceso de reflexión que permita establecer conclusiones acerca de dichos aprendizajes. Entre los puntos que se proponen para el desarrollo de este tipo de actividad se destaca la realización de mapas conceptuales, los cuales se constituyen como un método visual que le permite a los estudiantes organizar su pensamiento, generando relaciones con otros conceptos que guardan un orden jerárquico en su estructuración (Hernández, et al., 2016). Por su parte, los debates en el ámbito pedagógico de la química se encuentran relacionados con la enseñanza contextualizada de contenidos científicos, según Caamaño (2006), el uso del contexto permite establecer relaciones entre las aplicaciones de la química y los significados de las leyes, teorías, conceptos o principios relacionados con dicho campo del conocimiento, a su vez, permitirá que el estudiante comprenda la importancia que tienen dichos significados con sus aspectos personales, profesionales y sociales; a modo complementario Parga y Piñeros (2018) mencionan que este tipo de enseñanza representa la forma de relacionar el contenido que se enseña en el aula de clases con la cotidianidad de los estudiantes, mejorando el interés por el aprendizaje de la química. Teniendo en cuenta lo anterior, se presenta la estructuración de la actividad de síntesis a fin a los objetivos de la propuesta didáctica a implementar en este trabajo (Tab. 11).

Nombre de la Actividad	**Los Enlaces químicos: Una mirada histórica de Gilbert Newton Lewis desde sus modelos y representaciones**
Tipo de Actividad	***Actividad de síntesis***
Enunciado de la actividad	La realización de la actividad se verá antecedida por una charla en la que se abordarán los artículos publicados por

	Gilbert Newton Lewis durante los años 1916 y 1923. Posteriormente los estudiantes deberán realizar los puntos de la guía de trabajo en grupos.	
Competencia	**Conceptual:** Reconoce las propiedades y naturaleza de los elementos químicos mediante la elaboración y reconocimiento de los modelos y representaciones de los enlaces químicos tomando como referencia los aportes de Gilbert Newton Lewis.	
¿Por qué la clasifica como una actividad de síntesis?	La actividad se clasifica como síntesis debido a que aborda las ideas planteadas por Gilbert Newton Lewis, entre ellas las relacionadas con el modelo cúbico y tetraedral de los átomos y moléculas que en la gran mayoría de casos no es abordado en las aulas de clase. La actividad plantea diferentes puntos de desarrollo tales como la realización de un mapa conceptual, exposiciones y debates que le permiten al estudiante representar desde diferentes metodologías dichos modelos.	
¿Qué se pretende con la actividad?	Se pretende que los estudiantes comprendan los modelos de enlace químico establecidos por Gilbert Newton Lewis a través de diferentes metodologías de representación y estructuración del conocimiento adquirido por los estudiantes.	
¿Qué hace el profesor y qué hace el estudiante?	***Profesor*** Desarrollará una actitud activa, proponiendo y complementando ideas al momento de realizar analogías explicativas dentro de los modelos de enlace químico.	***Estudiante*** Tendrá un papel crítico, analizando y proponiendo analogías, hallando relaciones sociales para una apropiación más arraigada de la temática de enlace químico y los tipos de enlaces
Seguimiento y retroalimentación	Para los criterios de evaluación se emplea una rúbrica que aparece en el apartado de proceso y diseño de los instrumentos de evaluación. **Retroalimentación:** Durante el transcurso de la actividad se hará pausas en las que se le pregunten a los estudiantes para que nos sirve o se usan lo diferentes conceptos antes mencionados y terminando la sesión se hará una retroalimentación de toda la actividad para aclarar cualquier duda.	
Espacio, tiempo y recursos	Espacio: Salón de Clase. Tiempo: Dos sesiones con cada curso, la primera sesión comprende dos horas y la segunda sesión de una hora. Recursos: Videos y guía de trabajo.	

Tabla No. 11: Diseño y organización de la actividad de síntesis. Adaptado y tomado de García-Martínez, Á., Hernández-Barbosa, R., & Abella-Peña, L. (2018). Design trabalho de aula: um processo fundamental para a profissionalização da ação docente. Revista científica, (33), 316-331.

La actividad comprende la realización de 4 puntos teniendo en cuenta el aprendizaje cooperativo (Anexo. 2.4), el primero de ellos busca que a través del abordaje de los artículos de 1916 y 1923 de Gilbert N. Lewis los estudiantes logren esquematizar los nuevos conceptos por medio de un mapa conceptual construido entre todos los miembros del grupo; el segundo punto busca que los estudiantes representen moléculas y compuestos a través del uso de los modelos de enlace abordados en la sesión para que posteriormente se lo expliquen a sus compañeros de clase; el tercer punto plantea que los estudiantes se apropien de las ideas principales del enlace químico que para la época eran las más debatidas, esto les permitirá establecer semejanzas y diferencias entre cada modelo propuesto; por último se incentiva el proceso de lectoescritura en los estudiantes con la realización de una cuartilla en la que recojan los aprendizajes adquiridos.

ACTIVIDAD DE APLICACIÓN Y TRANSFERENCIA

La actividad final, denominada de aplicación y transferencia se diseña con el fin de ser el cierre al proceso de aplicación de la propuesta didáctica. Está orientada a permitir un proceso de generalización en los estudiantes en los que apliquen los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de las sesiones y actividades propuestas a contextos o situaciones reales de los estudiantes (García, et al., 2018). En este tipo de actividad se establecen algunos puntos como los juegos de rol para generar un interés de los estudiantes por los aprendizajes que se les presentan en el aula de clases; a continuación, se presenta el diseño de la actividad de aplicación y transferencia (Tab.

12) donde se resaltan los aspectos fundamentales en la realización de la misma.

Nombre de la Actividad	**Dominando la magia molecular: el desafío final del enlace químico a través de los fundamentos de Gilbert Newton Lewis.**	
Tipo de Actividad	***Actividad de aplicación y transferencia***	
Enunciado de la actividad	La actividad empezará con una breve reflexión sobre los aprendizajes vistos hasta el momento, posteriormente en los grupos establecidos con anterioridad deberán desarrollar los puntos propuestos. Al finalizar se aplicará el instrumento de ideas previas para soportar los análisis correspondientes.	
Competencia	**Actitudinal:** Evalúa la importancia de la construcción de modelos y representaciones de los enlaces químicos durante el siglo XX para el avance del conocimiento químico hasta la actualidad.	
¿Por qué la clasifica como una actividad de aplicación y transferencia?	La actividad se clasifica como de aplicación y transferencia, porque gracias a la asociación y los conceptos vistos en la actividad de síntesis los estudiantes realizarán representaciones con materiales cotidianos para explicarlos posteriormente con un microrelato, aplicando los contenidos a situaciones que se les presenten	
¿Qué se pretende con la actividad?	Se busca que los estudiantes comprendan y apliquen los contenidos vistos para realizar representaciones a escala de los modelos abordados en cada una de las sesiones, para que a través de la dramatización y el relato logren reconocer la importancia de cada uno de ellos en la construcción actual del concepto de enlace químico.	
¿Qué hace el profesor y qué hace el estudiante?	***Profesor*** Su rol en la actividad será de guía, dará indicaciones para el desarrollo de las dos actividades planteadas.	***Estudiante*** Tendrá un papel activo y totalmente crítico, donde podrá seleccionar y modificar por medio de sus saberes las respuestas o métodos correctos para el desarrollo de la actividad.
Seguimiento y retroalimentación	Para los criterios de evaluación se emplea una rúbrica que aparece en el apartado de proceso y diseño de los instrumentos de evaluación.	

	Retroalimentación: Se darán espacios durante la clase para la solución de preguntas referentes a las actividades planteadas y la teoría explicada.
Espacio, tiempo y recursos	Espacio: Salón de clases y laboratorio de ciencias. Tiempo: Una sesión con cada curso, cada una de dos horas. Recursos: Materiales de reciclaje o de uso cotidiano.

Tabla No. 12: Diseño y organización de la actividad de aplicación y transferencia. Adaptado y tomado de García-Martínez, Á., Hernández-Barbosa, R., & Abella-Peña, L. (2018). Design trabalho de aula: um processo fundamental para a profissionalização da ação docente. Revista científica, (33), 316-331.

La actividad consta de dos puntos (ver anexo 2.5) que recogen los saberes aprendidos en cada una de las sesiones; allí se establece un primer punto en el que los estudiantes puedan utilizar diversos materiales de su cotidianidad para estructurar un modelo a escala de los modelos de enlace químico durante el siglo XX, y a modo complementario, realizar una dramatización en la que cada miembro del grupo tenga un rol específico, en este punto se pretende que los estudiantes por medio de un relato creado por ellos mismos logren explicar el modelo que diseñaron teniendo en cuenta las discusiones necesarias para argumentar su microrelato. Al finalizar se aplicará a modo evaluativo el instrumento de ideas previas con el fin de identificar los aprendizajes adquiridos en el aula de clases, a su vez, se revisarán los cristales creados en el laboratorio realizado.

PROCESO Y DISEÑO DE LOS INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

Uno de los componentes de mayor importancia para el proceso de aplicación de la propuesta didáctica se encuentra en el diseño de los instrumentos de evaluación, teniendo en cuenta los criterios de acuerdo a las actividades planteadas. Con el pasar del tiempo, los instrumentos de evaluación han ido evolucionando a medida en que las

preferencias de aprendizaje van cambiando; Tal y como lo establece Rodríguez (2014), el proceso evaluativo debe ser de carácter social, abierto, participativo y centrarse preferiblemente en el desarrollo de competencias. Es por ello, que se sugiere el uso de las rúbricas de evaluación como una de las alternativas de gran utilidad para los procesos formativos y sumativos; por un lado, le permite al docente obtener información objetiva mediante el seguimiento de las competencias a desarrollar en los estudiantes, y por otro lado, guiará el trabajo realizado por los estudiantes mediante el conocimiento de los criterios de evaluación, en consecuencia, permitiendo intervenir directamente en el proceso de enseñanza- aprendizaje (Irles, et al., 2011).

De acuerdo con García (2018), los procesos de evaluación resultan inherentes a los aspectos educativos, orientando las actuaciones del docente en el aula, por ende, dicho proceso estará sujeto a las interpretaciones que se tengan de la enseñanza y el aprendizaje. Con ello, los autores recomiendan que la aplicación de los instrumentos de evaluación se encuentre alejada de las concepciones tradicionales de la enseñanza en el aula. A raíz de ello, para el desarrollo de la presente propuesta se establecen cuatro rúbricas de evaluación tanto sumativa como formativa de acuerdo a los criterios señalados para el desarrollo de las competencias respecto a cada una de las actividades a realizar con la población objetivo; cada rúbrica estará sujeta a las valoraciones establecidas por la institución educativa.

RÚBRICA DE EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE EXPLORACIÓN DE IDEAS

La primera rúbrica de evaluación presentada a continuación se construye teniendo

en cuenta las competencias a abordar en la unidad didáctica y los puntos a desarrollar en el anexo 2.1. De esta manera se apoyará el proceso de análisis mixto de los resultados obtenidos durante el proceso de aplicación de la propuesta didáctica. También será utilizada para la evaluación final en la que se aplica el mismo instrumento de ideas previas para contrastar la información antes y después del proceso.

CATEGORÍA	**EXCELENTE (100-95)**	**SOBRESALIENTE (94-80)**	**ACEPTABLE (79-60)**	**INSUFICIENTE (59-20)**	**DEFICIENTE (19-0)**
Identifica los distintos conceptos presentados en la actividad.	El estudiante identifica sin ninguna dificultad los distintos conceptos, en cualquier situación que se le presente.	El estudiante identifica la mayoría de conceptos, presenta confusión en algunos de ellos. Lo cual no permite que los pueda interpretar de manera adecuada.	El estudiante identifica algunos de los conceptos presentados ; establece algunas relaciones entre ellos e ideas que se acercan a cada concepto.	El estudiante no logra identificar los conceptos presentados; sin embargo, presenta algunas ideas acerca de ellos.	El estudiante no logra identificar ninguno de los conceptos presentados en el desarrollo de la actividad.
Comunica de manera adecuada las semejanzas y diferencias entre cada uno de los modelos presentados en la actividad.	El estudiante comunica por medio de un lenguaje adecuado las semejanzas y diferencias entre cada modelo presentado en la actividad	El estudiante logra comunicar algunas semejanzas y diferencias entre los modelos presentados en la actividad; sin embargo presenta confusión al interpretar algunos modelos.	El estudiante presenta dificultad para comunicar las semejanzas y diferencias existentes entre los modelos presentados ; sin embargo	El estudiante presenta dificultad para comunicar las semejanzas y diferencias existentes entre los modelos presentados. A su vez presenta solamente algunas características de cada uno..	El estudiante no comunica las semejanzas y diferencias existentes entre cada modelo que se le presenta en la actividad.

			caracteriza cada uno de ellos.		
Participa activamente en la representación del concepto de enlace químico dando ejemplos desde su cotidianidad	El estudiante por medio de un lenguaje visual genera representaciones del concepto de enlace químico. Utiliza de manera adecuada los ejemplos desde su cotidianidad	El estudiante por medio de un lenguaje visual genera representaciones del enlace químico, solamente desde uno de los dos ámbitos establecidos en la actividad.	El estudiante por medio de un lenguaje visual genera algunas representaciones del enlace químico acercadas a su realidad y al concepto como tal.	El estudiante hace uso de pocas herramientas del lenguaje visual para representar el enlace químico, presentando confusiones al momento de relacionarlo desde su cotidianidad.	El estudiante no logra por medio de un lenguaje visual generar representaciones del concepto de enlace químico. No hace uso de los ejemplos desde su cotidianidad

Tabla No. 13: Rúbrica de evaluación según los criterios establecidos para la actividad de exploración. Adaptado y tomado de García-Martínez, Á., Hernández-Barbosa, R., & Abella-Peña, L. (2018). Design trabalho de aula: um processo fundamental para a profissionalização da ação docente. Revista científica, (33), 316-331.

RÚBRICA DE EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE INTRODUCCIÓN DE CONCEPTOS

En cuanto a la actividad de introducción de conceptos, la rúbrica de evaluación presentada se diseña teniendo en cuenta las competencias a abordar en la unidad didáctica y los puntos a desarrollar en el anexo 2.3. De esta manera se apoyará el proceso de análisis mixto de los resultados obtenidos durante el proceso de aplicación de la propuesta didáctica.

CATEGORÍA	**EXCELENTE (100-95)**	**SOBRESALIENTE (94-80)**	**ACEPTABLE (79-60)**	**INSUFICIENTE (59-20)**	**DEFICIENTE (19-0)**

Identifica los distintos modelos y representaciones de enlace químico realizadas durante el siglo XIX y hasta el siglo XX por diferentes autores.	El estudiante identifica sin ninguna dificultad los distintos modelos y representaciones realizadas durante el siglo XIX y siglo XX por diversos autores.	El estudiante identifica solamente algunos de los modelos de enlace químico establecidos durante los siglos XIX y XX, generando confusión entre ellos.	El estudiante identifica algunos de los modelos de enlace químico lo cual no permite que los pueda interpretar en cualquier situación que se le presente. Sin embargo reconoce las discusiones dadas en la época	El estudiante no identifica de manera clara los modelos de enlace químico, lo cual no le permite entenderlos e interpretarlos en las situaciones presentadas.	El estudiante no logra identificar los distintos modelos y representaciones realizadas durante el siglo XIX y siglo XX por diversos autores.
Comunica de manera adecuada los aportes realizados a la construcción del concepto de enlace químico durante el siglo XIX y hasta el siglo XX por diferentes autores mediante la línea del tiempo y la relación entre distintos modelos.	El estudiante comunica con un lenguaje adecuado los aportes realizados a la construcción del concepto de enlace químico durante el siglo XIX y el siglo XX mediante la línea del tiempo y la relación entre los distintos modelos.	El estudiante refleja en la realización de la línea del tiempo una relación entre los autores, los aportes y las fechas correspondientes, presentando dificultades con la comprensión de algunos de los modelos de enlace químico establecidos en esta época.	El estudiante presenta dificultad para comprender la relación entre los autores, los aportes y las fechas correspondientes a cada modelo de enlace químico, solo relaciona algunos de estos parámetros y realiza una representación gráfica del modelo	El estudiante solamente comunica las fechas y los autores, pero no resalta los aportes realizados por cada uno a la construcción del concepto de enlace químico.	El estudiante no logra comunicar con un lenguaje adecuado los aportes realizados a la construcción del concepto de enlace químico durante el siglo XIX y el siglo XX mediante la línea del tiempo y la relación
Participa activamente en la	El estudiante participa en	El estudiante propone formas de	El estudiante presenta	El estudiante realiza una sola	El estudiante no participa

construcción de representaciones de conceptos fundamentales para comprender el concepto de enlace químico.	la construcción de representaciones de los conceptos fundamentales para la comprensión del enlace químico utilizando lenguajes visuales y elementos de su cotidianidad.	representaciones de los conceptos fundamentales para la comprensión del enlace químico utilizando lenguajes visuales y elementos de su cotidianidad.	algunas confusiones a la hora de realizar las estructuras correspondientes a los conceptos fundamentales para comprender el concepto de enlace químico	representación sin generar un proceso de reflexión sobre la actividad que realiza.	en la construcción de representaciones de los conceptos fundamentales para la comprensión del enlace químico.

Tabla No. 14: Rúbrica de evaluación según los criterios establecidos para la actividad de introducción de conceptos. Adaptado y tomado de García-Martínez, Á., Hernández-Barbosa, R., & Abella-Peña, L. (2018). Design trabalho de aula: um processo fundamental para a profissionalização da ação docente. Revista científica, (33), 316-331.

RÚBRICA DE EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE SÍNTESIS

La rúbrica de evaluación presentada a continuación se construye teniendo en cuenta las competencias a abordar en la unidad didáctica y los puntos a desarrollar en el anexo 2.4. De esta manera se apoyará el proceso de análisis mixto de los resultados obtenidos durante el proceso de aplicación de la propuesta didáctica.

CATEGORÍA	EXCELENTE (100-95)	SOBRESALIENTE (94-80)	ACEPTABLE (79-60)	INSUFICIENTE (59-20)	DEFICIENTE (19-0)
Relaciona los aportes realizados por Gilbert N. Lewis a través de	El estudiante relaciona sin ninguna dificultad los distintos	El estudiante relaciona los aportes de cada uno de los artículos realizados por	El estudiante relaciona sólo algunos de los aportes realizados	El estudiante presenta una esquematización en la que no se ven reflejados los	El estudiante no relaciona los distintos aportes realizados

esquematizaciones como mapas conceptuales.	aportes realizados por Gilbert N. Lewis a través de esquematizaciones como mapas conceptuales.	Gilbert N. Lewis. Presentando confusión a la hora de esquematizar algunos aportes	por Gilbert N. Lewis, sin embargo no establece una relación clara en el esquema conceptual.	aportes ni las relaciones entre cada uno de ellos	por Gilbert N. Lewis a través de esquematizaciones como mapas conceptuales.
Comunica de manera argumentada la importancia de los aportes de Kossel, Langmuir y Lewis.	El estudiante comunica de manera argumentada la importancia de los aportes de Kossel, Langmuir y Lewis.	El estudiante refleja de manera argumentada solo la importancia de dos de los autores planteados.	El estudiante refleja de manera argumentada la comprensión y comunicación de la importancia de los aportes de solamente uno de los autores planteados.	El estudiante comunica apreciaciones generales acerca de la importancia de los autores planteados.	El estudiante no logra comunicar de manera argumentada la importancia de los aportes de Kossel, Langmuir y Lewis.
Reconoce el modelo cúbico planteado por Lewis de átomos y moléculas a través de la realización de las estructuras propuestas.	El estudiante es capaz de reconocer el modelo cúbico planteado por Lewis de átomos y moléculas a través de la realización de las estructuras propuesta**s**.	El estudiante es capaz de reconocer el modelo cúbico planteado por Lewis de solamente dos de los ejemplos propuestos en la actividad.	El estudiante es capaz de reconocer r el modelo cúbico planteado por Lewis de solamente uno de los ejemplos propuestos en la actividad.	El estudiante presenta generalidades del modelo sin realizar las estructuras propuestas.	El estudiante no logra reconocer el modelo cúbico planteado por Lewis de átomos y moléculas a través de la realización de las estructuras propuesta**s**.

Tabla No. 15: Rúbrica de evaluación según los criterios establecidos para la actividad de síntesis. Adaptado y tomado de García-Martínez, Á., Hernández-Barbosa, R., & Abella-Peña, L. (2018). Design trabalho de aula: um processo fundamental para a profissionalização da ação docente. Revista científica, (33), 316-331.

RÚBRICA DE EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE APLICACIÓN Y TRANSFERENCIA

Por último, la rúbrica de evaluación presentada a continuación se construye teniendo en cuenta las competencias a abordar en la unidad didáctica y los puntos a desarrollar en el anexo 2.5. De esta manera se apoyará el proceso de análisis mixto de los resultados obtenidos durante el proceso de aplicación de la propuesta didáctica. Con los resultados obtenidos en esta actividad se dará cierre y se recogerán las opiniones de los estudiantes a manera de evaluar el proceso realizado.

CATEGORÍA	EXCELENTE (100-95)	SOBRESALIENTE (94-80)	ACEPTABLE (79-60)	INSUFICIENTE (59-20)	DEFICIENTE (19-0)
Relaciona los distintos conceptos y modelos aprendidos para la construcción del relato y de la representación a escala del modelo escogido.	El estudiante relaciona sin ninguna dificultad los distintos conceptos y modelos aprendidos para la construcción del relato y de la representación a escala del modelo escogido.	El estudiante relaciona solo algunos conceptos y modelos aprendidos, generando confusión entre algunos de ellos.	El estudiante relaciona los distintos conceptos y modelos aprendidos sólo en alguna de las dos actividades, lo cual dificulta su proceso de interpretación.	El estudiante realiza las actividades sin tener en cuenta los distintos conceptos y modelos aprendidos.	El estudiante no logra relacionar los distintos conceptos y modelos aprendidos para la construcción del relato y de la representación a escala del modelo escogido.
Comunica de manera adecuada la importancia del modelo escogido	El estudiante comunica con un lenguaje adecuado la importancia del modelo escogido	El estudiante refleja en la realización de la actividad lenguajes cotidianos y científicos escolares	El estudiante pese a presentar dificultades para comunicar, hace uso de	El estudiante no hace uso de los lenguajes, sino que presenta generalidades	El estudiante no logra comunicar con un lenguaje adecuado la importancia

para la actividad propuesta	para la actividad propuesta.	adquiridos durante la aplicación de la unidad, sin embargo, presenta algunas confusiones en la interpretación del modelo escogido.	algún tipo de lenguaje para relacionar la importancia del modelo, a su vez, presenta confusiones en su interpretación.	del modelo elegido.	del modelo escogido para la actividad propuesta.
Participa activamente y cooperativamente de las actividades propuestas en la clase	El estudiante participa activamente de las actividades propuestas poniendo en práctica lo trabajado en la unidad didáctica.	El estudiante muestra un cierto interés por ser partícipe de las actividades propuestas en la clase donde aplica la mayoría de conceptos trabajados	El estudiante presenta dificultades para participar activamente de las actividades propuestas en la clase donde intenta aplicar algunos de los conceptos trabajados.	El estudiante no presenta interés por las actividades propuestas en la clase donde realiza las actividades.	El estudiante no participa activamente de las actividades propuestas poniendo en práctica lo trabajado en la unidad didáctica.
Comprende la importancia de las representaciones de Gilbert N. Lewis en la evolución del concepto actual de enlace químico.	El estudiante es capaz de comprender la importancia de las representaciones de Gilbert N. Lewis en la evolución del concepto actual de enlace químico.	El estudiante relaciona de manera general la importancia de las representaciones de Gilbert N. Lewis en la evolución del concepto actual de enlace químico.	El estudiante presenta dificultades para comprender la importancia de las representaciones de Gilbert N. Lewis en la evolución del concepto actual de enlace químico.	El estudiante solo menciona los aportes del autor sin generar un proceso reflexivo o crítico de lo que se presenta.	El estudiante no logra comprender la importancia de las representaciones de Gilbert N. Lewis en la evolución del concepto actual de enlace químico.

Tabla No. 16: Rúbrica de evaluación según los criterios establecidos para la actividad de aplicación y transferencia. Adaptado y tomado de García-Martínez, Á., Hernández-Barbosa, R., & Abella-Peña, L. (2018). Design trabalho de aula: um processo fundamental para a profissionalização da ação docente. Revista científica, (33), 316-331.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

A continuación, se define el cronograma de actividades el cual será la hoja de ruta del trabajo a realizar con los cursos de grado décimo. En el primero se relacionan las actividades de exploración, introducción de conceptos, síntesis, aplicación y transferencia respectivamente propuestas en la unidad didáctica, con los días correspondientes al mes de abril del año 2023 (Tab. 17), identificando cada curso con un color de la siguiente manera: para grado 1001 los días a desarrollar la propuesta didáctica se encuentran definidos por un color verde mientras que el curso 1003 se encuentra identificado por un color rosa en el cronograma de actividades y al final se indica la totalidad de sesiones y horas con cada curso teniendo en cuenta lo establecido en el diseño y estructuración de la unidad didáctica.

◄ Marzo	Abril 2023					Mayo ►
Do.	**Lu.**	**Ma.**	**Mi.**	**Ju.**	**Vi.**	**Sá.**
						1
2	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
	R	**E**	**C**	**E**	**S**	**O**
9	**10** *Exploración* *1001*	**11** *Exploración* *1003*	**12**	**13** *Introducción de conceptos* *1001*	**14** *Introducción de conceptos* *1003*	**15**
16	**17** *Introducción de conceptos* *1001*	**18** *Introducción de conceptos* *1003*	**19**	**20** *Síntesis* *1001*	**21** *Síntesis* *1003*	**22**
23	**24** *Síntesis* *1001*	**25** *Síntesis* *1003*	**26**	**27** *Aplicación y transferencia* *1001*	**28** *Aplicación y transferencia* *1003*	**29**
30	**TOTAL DE SESIONES CON CADA CURSO: 6 SESIONES** **TOTAL DE HORAS CON CADA DURSO: 9 HORAS**					

Tabla No. 17: Cronograma de actividades relacionados a los días del mes de abril del año 2023. Elaboración propia (2023).

Por consiguiente, se agregan tres cronogramas de programación horaria

correspondientemente a las semanas de trabajo del mes de abril. Se tiene en cuenta que la primera semana del mes se establece como receso de semana santa para los estudiantes en el calendario escolar de la institución educativa; por lo cual la propuesta se comienza a realizar el lunes 10 de abril y finaliza el día 28 del mismo mes. A su vez, se indican la programación por horas de acuerdo al tiempo establecido para el trabajo en aula en el área de química con el acompañamiento del profesor encargado Manuel Piñeros. En primer lugar, el cronograma presenta la implementación de las actividades de exploración y el inicio de la actividad correspondiente a la introducción de conceptos (Tab. 18) donde se abordará el recorrido histórico de las representaciones utilizadas para ilustrar el concepto del enlace químico teniendo en cuenta ciertas características de las sustancias que se venían manejando con anterioridad.

PROGRAMACIÓN POR HORAS DEL DESARROLLO DE LA PROPUESTA CON 1001 Y 1003 (Semana del 10 al 14 de Abril)					
HORA	***Lunes***	***Martes***	***Miércoles***	***Jueves***	***Viernes***
6:15—7:10 AM				Realización de la explicación correspondiente a la actividad de introducción de conceptos.	
7:10—8:05 AM				*Aplicación de la actividad de introducción de conceptos "La odisea del concepto de enlace químico: Rastreando la evolución de un concepto fundamental del siglo XIX al siglo XX"*	

8:05—9:00 AM	*Aplicación de la actividad de exploración de ideas de los estudiantes respecto a temas relacionados con el enlace químico.*	*Aplicación de la actividad de exploración de ideas de los estudiantes respecto a temas relacionados con el enlace químico.*			
DESCANSO					
9:35—10:30 AM					
10:30—11:25 AM					
11:25—12:20 PM					*Realización de la explicación correspondiente a la actividad de introducción de conceptos.*

12:20—13:15 PM					*Aplicación de la actividad de introducción de conceptos "La odisea del concepto de enlace químico: Rastreando la evolución de un concepto fundamental del siglo XIX al siglo XX".*

Tabla No. 18: Programación horaria por cursos de las actividades de exploración e introducción de conceptos del 10 de abril al 14 de abril. Elaboración propia (2023).

El segundo cronograma de programación horaria (Tab. 19) indica la continuación de las actividades de introducción de conceptos en cuanto al recorrido histórico por las representaciones establecidas entre el siglo XIX y el siglo XX; y plantea la aplicación inicial de las actividades de síntesis a realizar con cada curso. Dicho cronograma establece su aplicación durante la semana del 17 al 21 de abril del año en curso.

PROGRAMACIÓN POR HORAS DEL DESARROLLO DE LA PROPUESTA CON 1001 Y 1003 (Semana del 17 al 21 de Abril)					
HORA	***Lunes***	***Martes***	***Miércoles***	***Jueves***	***Viernes***
6:15—7:10 AM				*Aplicación de la actividad de síntesis* ***"Los Enlaces químicos: Una mirada histórica de Gilbert Newton Lewis desde sus modelos y representaciones"***	
7:10—8:05 AM					

8:05—9:00 AM	*Aplicación de la actividad de introducción de conceptos "La odisea del concepto de enlace químico: Rastreando la evolución de un concepto fundamental del siglo XIX al siglo XX"*	*Aplicación de la actividad de introducción de conceptos "La odisea del concepto de enlace químico: Rastreando la evolución de un concepto fundamental del siglo XIX al siglo XX"*			
DESCANSO					
9:35—10:30 AM					
10:30—11:25 AM					
11:25—12:20 PM					*Aplicación de la actividad de síntesis "**Los Enlaces químicos: Una mirada histórica de Gilbert Newton Lewis desde sus modelos y representaciones"***
12:20—13:15 PM					

Tabla No. 19: Programación horaria por cursos de las actividades de introducción de conceptos y síntesis del 17 de abril al 21 de abril. Elaboración propia (2023).

Finalmente, el último cronograma (Tab. 20) señala la continuación de las actividades de síntesis y la finalización de la implementación con las actividades de

aplicación y transferencia con cada curso, desde el lunes 24 de abril hasta el viernes 28 de abril del año en curso. Allí los estudiantes deberán presentar los aprendizajes adquiridos durante la aplicación de la unidad didáctica, los cronogramas pasarán a hacer parte de un diario de campo semanal que recogerá los análisis presentados dentro del aula de clases y el laboratorio de ciencias.

PROGRAMACIÓN POR HORAS DEL DESARROLLO DE LA PROPUESTA CON 1001 Y 1003 (Semana del 24 al 28 de Abril)					
HORA	***Lunes***	***Martes***	***Miércoles***	***Jueves***	***Viernes***
6:15—7:10 AM				*Aplicación de la actividad de aplicación y transferencia* ***"Dominando la magia molecular: el desafío final del enlace químico a través de los fundamentos de Gilbert Newton Lewis".***	
7:10—8:05 AM					
8:05—9:00 AM	*Aplicación de la actividad de síntesis* ***"Los Enlaces químicos: Una mirada histórica de Gilbert Newton Lewis desde sus modelos y representaciones"***	*Aplicación de la actividad de síntesis* ***"Los Enlaces químicos: Una mirada histórica de Gilbert Newton Lewis desde sus modelos y representaciones"***			

DESCANSO					
9:35—10:30 AM					
10:30—11:25 AM					
11:25—12:20 PM					*Aplicación de la actividad de aplicación y transferencia* ***"Dominando la magia molecular: el desafío final del enlace químico a través de los fundamentos de Gilbert Newton Lewis".***
12:20—13:15 PM					

Tabla No. 20: Programación horaria por cursos de las actividades de síntesis, aplicación y transferencia del 24 de abril al 28 de abril. Elaboración propia (2023).

Finalmente, se tomarán registros fotográficos de cada una de las actividades realizadas con los estudiantes, esto con el fin de apoyar los resultados y posteriores análisis del proceso de aplicación de la propuesta didáctica. El cronograma está sujeto a las horas de la asignatura de química asignadas por la institución educativa.

RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la aplicación de la unidad didáctica relacionada con la propuesta del presente trabajo. Las actividades se empezaron a realizar a partir del día 10 de abril del año 2023 después de la semana de receso escolar; y culminaron el día 28 de abril del año 2023; los resultados se ilustran mediante las imágenes tomadas del desarrollo de cada una de las actividades, a su vez, se analizan las situaciones favorables y dificultades presentadas en el aula de clase durante la aplicación de las mismas para complementar los análisis de resultados mencionados posteriormente.

RESULTADOS ACTIVIDAD DE EXPLORACIÓN DE IDEAS

La actividad de exploración de ideas fue la primera en aplicarse teniendo en cuenta las fechas establecidas en el cronograma de actividades del presente trabajo; la anterior, se desarrolló en el laboratorio de ciencias del Colegio Nacional Nicolás Esguerra IED los días 10 y 11 de abril del año 2023 con los cursos de 1001 y 1003 respectivamente. Simultáneamente se realizó el primer método experimental planteado en la unidad didáctica que consistió en la elaboración de un laboratorio relacionado a la temática de cristalografía (ver anexo. 5) en el que se deseaban obtener cristales de azúcar y sal; se aplicó en esta fecha ya que, para la formación de los cristales, se requiere de un tiempo de espera prudencial, con el fin de obtener mejores resultados. En la primera sesión del día 10 de abril, se aplicó el instrumento de ideas previas al curso de 1001; allí se contó con un tiempo de una hora para realización en conjunto con el método

experimental propuesto en el que los estudiantes en grupos de laboratorio previamente establecidos hicieron las soluciones sobresaturadas para la obtención de los cristales.

Imagen No. 25: Compilado de las actividades de exploración de ideas previas. Fotografía tomada por Bravo (2023).

Imagen No. 26: Aplicación de la actividad de exploración de ideas previas con el curso 1003. Fotografía tomada por Bravo (2023).

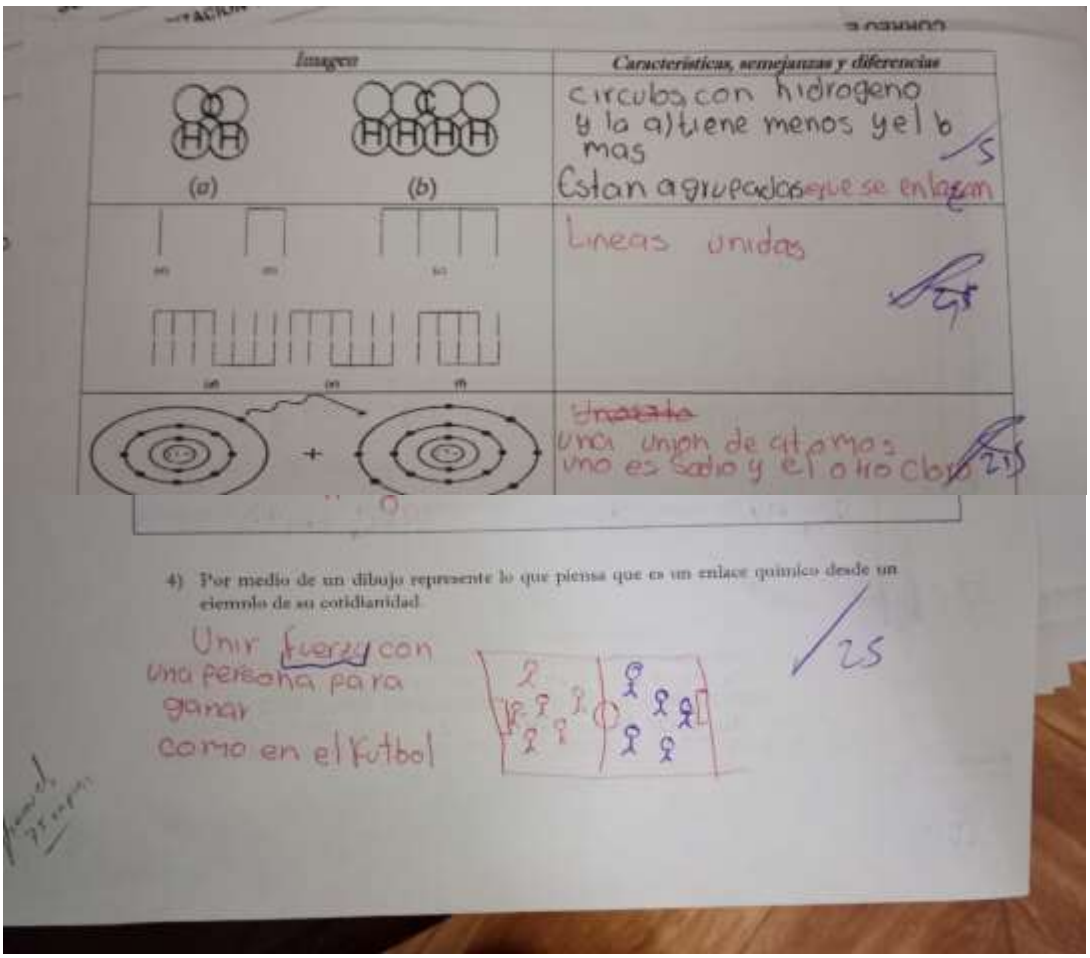


Imagen No. 27: Respuestas de un estudiante de 1001 respecto a la caracterización de las imágenes presentadas que corresponden a diferentes modelos planteados a lo largo de la historia de los enlaces químicos y la analogía del campo de fútbol. Fotografía tomada por Bravo (2023).

En cuanto al instrumento de ideas previas con el curso 1001 se realizó un total de 37 cuestionarios de los cuáles, posterior a su respectivo proceso de evaluación, se obtuvo que 1 estudiante presentó una valoración excelente **(E)**, 3 estudiantes una valoración sobresaliente **(S)**, 11 estudiantes con una valoración aceptable **(A)**, 16 estudiantes presentaron una valoración insuficiente **(I)** y 6 estudiantes una valoración deficiente **(D)**, cada letra representará la escala valorativa correspondiente en la presentación de los resultados (Tab. 21). Sobre lo anterior, es importante resaltar que la

mayoría de los estudiantes no lograban identificar los modelos que se presentaron en el segundo punto de la actividad; al tener en cuenta las frecuencias obtenidas sobre el total de observaciones que corresponde al número de estudiantes en el aula de clases, lo cual permitirá realizar comparaciones entre los datos del curso 1001 con el conjunto de datos del curso 1003.

ACTIVIDAD DE EXPLORACIÓN DE IDEAS 1001							
CATEGORÍA	***ESCALAS DE VALORACIÓN***						
	E	***S***	***A***	***I***	***D***	***FRECUENCIA***	***FRECUENCIA RELATIVA***
Identifica los distintos conceptos presentados en la actividad.	1 estudiante	3 estudiantes	11 estudiantes	16 estudiantes	6 estudiantes	37 estudiantes	*(E= 2.70%); (S= 8.10%); (A= 29.72%); (I= 43.24%); (D= 16.21%)*
Comunica de manera adecuada las semejanzas y diferencias entre cada uno de los modelos presentados en la actividad.	1 estudiante	3 estudiantes	11 estudiantes	16 estudiantes	6 estudiantes	37 estudiantes	*(E= 2.70%); (S= 8.10%); (A= 29.72%); (I= 43.24%); (D= 16.21%)*
Participa activamente en la representación del concepto de enlace químico dando ejemplos desde su cotidianidad.	1 estudiante	3 estudiantes	11 estudiantes	16 estudiantes	6 estudiantes	37 estudiantes	*(E= 2.70%); (S= 8.10%); (A= 29.72%); (I= 43.24%); (D= 16.21%)*
TOTAL DE ESTUDIANTES (GRADO 1001)	*1 estudiante*	*3 estudiantes*	*11 estudiantes*	*16 estudiantes*	*6 estudiantes*	***37 estudiantes***	**100%**

Tabla No. 21: Resultados obtenidos en el instrumento de exploración de ideas previas de 1001. Elaboración propia (2023).

Los resultados obtenidos en la tabla anterior se muestran en gráficas de pastel, las cuales permiten visualizar de manera más llamativa los resultados de las frecuencias relativas del instrumento de ideas previas. Específicamente, la gráfica 1 de los resultados del curso 1001 (indica que la categoría insuficiente resulta predominante en la mayoría de los estudiantes (43%) sobre el total de los mismos en el aula de clases, identificada con un color morado; a continuación, la categoría más presente después de la insuficiente es la valoración aceptable, lo cual indica que los estudiantes logran identificar características superficiales, entre las cuales se encuentran las semejanzas y diferencias de los modelos que se les presentan en el segundo punto de la actividad, intentan definir los conceptos mediante relaciones entre ellos y presentan algún acercamiento a los mismos.

Gráfica No. 1: Gráfica de los resultados obtenidos en el instrumento de exploración de ideas previas de 1001. Elaboración propia (2023).

Al día siguiente, el 11 de abril se realizó la primera sesión con el curso 1003, de

igual manera que con el anterior curso se desarrolló de manera simultánea con el método experimental de acuerdo al laboratorio de cristalografía. En total se realizaron un total de 38 cuestionarios en donde se presentaron los siguientes resultados: 11 estudiantes obtuvieron una valoración aceptable **(A)**; 23 estudiantes una valoración insuficiente **(I)** y 4 estudiantes una valoración deficiente **(D)**; todo esto de acuerdo a las escalas valorativas presentadas anteriormente (Tab. 22). Durante el desarrollo de esta actividad se pudo identificar algunas de las ideas que los estudiantes tienen acerca de conceptos que se presentan como básicos para entender los contenidos correspondientes a los enlaces químicos.

ACTIVIDAD DE EXPLORACIÓN DE IDEAS 1003							
CATEGORÍA	***ESCALAS DE VALORACIÓN***						
	E	***S***	***A***	***I***	***D***	***FRECUENCIA***	***FRECUENCIA RELATIVA***
Identifica los distintos conceptos presentados en la actividad.	0 estudiantes	0 estudiantes	11 estudiantes	23 estudiantes	4 estudiantes	38 estudiantes	*(A= 28.94%); (I= 60.52%); (D= 10.52%)*
Comunica de manera adecuada las semejanzas y diferencias entre cada uno de los modelos presentados en la actividad.	0 estudiantes	0 estudiantes	11 estudiantes	23 estudiantes	4 estudiantes	38 estudiantes	*(A= 28.94%); (I= 60.52%); (D= 10.52%)*

Participa activamente en la representación del concepto de enlace químico dando ejemplos desde su cotidianidad.	0 estudiantes	0 estudiantes	11 estudiantes	23 estudiantes	4 estudiantes	38 estudiantes	*(A= 28.94%); (I= 60.52%); (D= 10.52%)*
TOTAL DE ESTUDIANTES (GRADO 1003)	*0 estudiantes*	*0 estudiantes*	*11 estudiantes*	*23 estudiantes*	*4 estudiantes*	***38 estudiantes***	***100%***

Tabla No. 22: Resultados obtenidos en el instrumento de exploración de ideas previas de 1003. Elaboración propia (2023).

Por su parte, la gráfica 2 da cuenta de la tendencia en la valoración insuficiente en la realización de la actividad de ideas previas (60%), seguida por aceptable con un 29% y un porcentaje menor de frecuencia en la valoración deficiente correspondiente al 10% del total de los estudiantes. Allí se logra establecer que un gran porcentaje de estudiantes presenta dificultades tanto en los conceptos como en la identificación de las características de los modelos presentados.

Gráfica No. 2: Gráfica de los resultados obtenidos en el instrumento de exploración de ideas previas de 1003. Elaboración propia (2023).

Finalmente, hay una constante en algunas de las respuestas de los estudiantes de ambos cursos de grado décimo en cuanto a las ideas previas de los conceptos presentados en la actividad. Lo anterior será uno de los pilares fundamentales del proceso de análisis de la información recogida a lo largo de la aplicación de dicha actividad.

RESULTADOS ACTIVIDAD DE INTRODUCCIÓN DE CONCEPTOS

En cuanto a la actividad de introducción de conceptos, esta se vio antecedida por una narración histórica que va desde los aportes de Epicuro hasta las ideas planteadas por Kossel, Langmuir y finalmente Lewis. Durante el ejercicio narrativo presentado a los estudiantes de ambos cursos, llamó la atención la manera en que manifestaron cierto interés por el aprendizaje de los conceptos desde los puntos de vista históricos de los mismos; a su vez de observar nuevos modelos que consecuentemente se fueron transformando a las investigaciones que dieron paso a la llegada de la química cuántica en la actualidad.

Imagen No. 28: Primera parte de la introducción de conceptos la cual se realizó haciendo un recorrido histórico por los aportes realizados a la construcción de diferentes modelos y representaciones de enlace químico. Fotografía tomada por Bravo (2023).

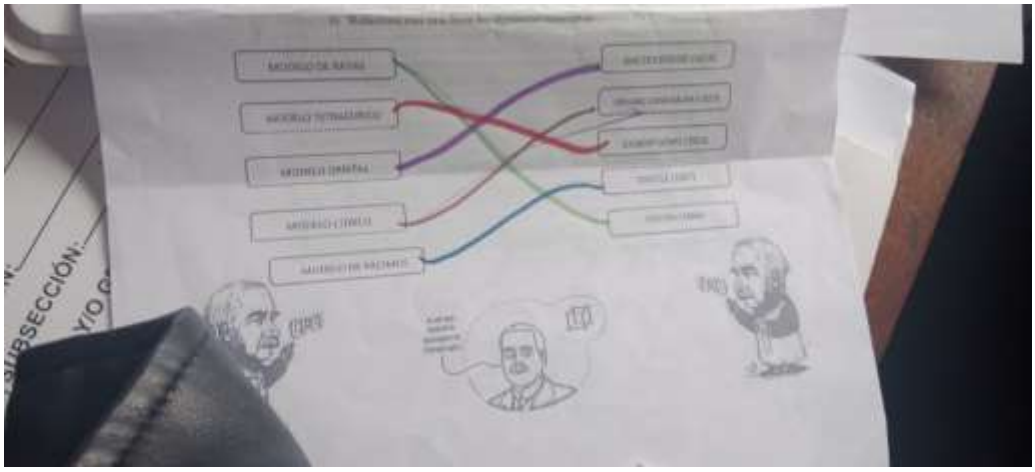


Imagen No. 29: Respuestas de un estudiante de 1001 respecto a la relación entre los autores con su respectivo modelo de enlace químico. Fotografía tomada por Bravo (2023).

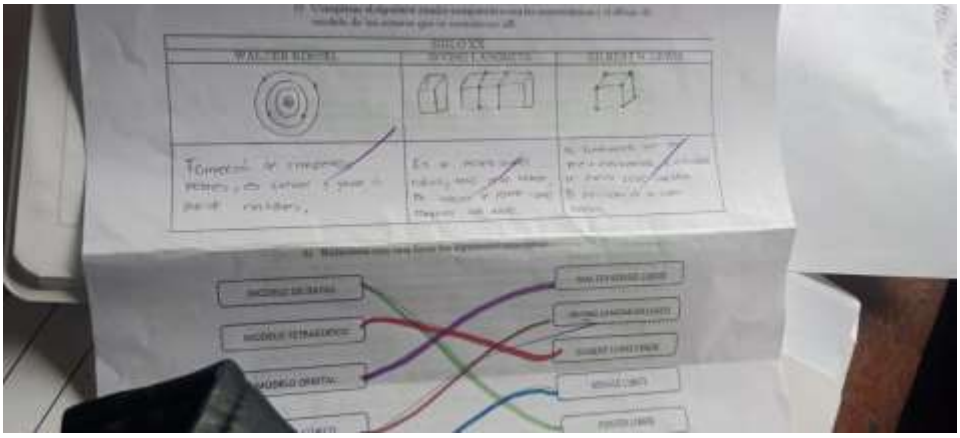


Imagen No. 30: Respuestas de un estudiante de 1001 respecto a la identificación por medio del lenguaje visual y escrito de los modelos de enlace químico del siglo XX. Fotografía tomada por Bravo (2023).

Imagen No. 31: Estudiantes de grado 1003 realizando las actividades de introducción de conceptos complementándolas por medio del trabajo cooperativo. Fotografía tomada por Bravo (2023).

Imagen No. 32: Representaciones de diferentes compuestos con la utilización de frutas, la naranja (Cloro), el limón (Oxígeno), las uvas (Hidrógeno) y el durazno (Carbono). La primera imagen corresponde a la representación del cloruro de sodio, la segunda al agua, la tercera al tetracloruro de carbono y la cuarta al metano. Fotografía tomada por Bravo (2023).

Imagen No. 33: Explicación previa a la realización de representaciones de compuestos y moléculas por medio de frutas con el curso 1001. Fotografía tomada por Bravo (2023).

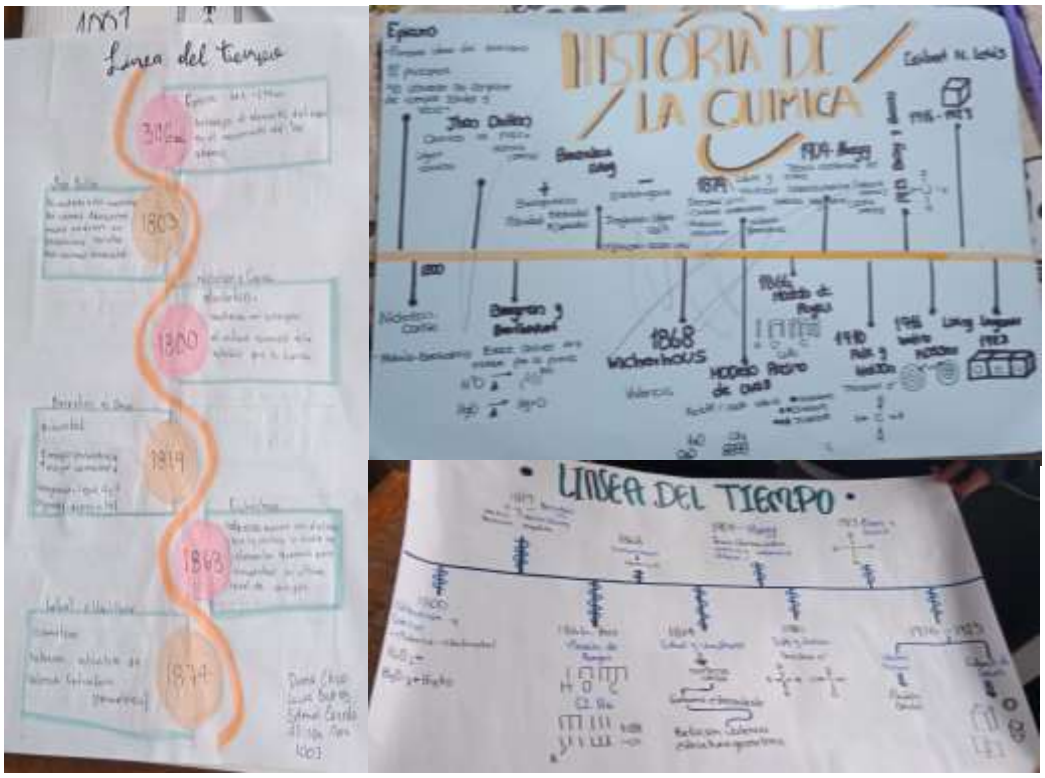


Imagen No. 34: Líneas del tiempo elaborada por diferentes estudiantes de los cursos 1001 y 1003 de acuerdo al recorrido histórico realizado respecto a los modelos de enlace químico. Fotografía tomada por Bravo (2023).

Posterior al proceso narrativo se dio un tiempo para resolver los puntos correspondientes a la presente actividad donde los resultados del curso 1001 (Tab. 23) arrojaron una tendencia mayoritaria en la escala de valoración de aceptable con un porcentaje de 43%, seguido por la valoración sobresaliente con el 35% y por último excelente con 21% debido a que los estudiantes ubicados en este nivel de la escala identificaron los nuevos conceptos relacionándolos con la valencia de los elementos y reconociendo la importancia de los avances en materia-electricidad.

ACTIVIDAD DE INTRODUCCIÓN DE CONCEPTOS 1001							
CATEGORÍA	***ESCALAS DE VALORACIÓN***						
	E	***S***	***A***	***I***	***D***	***FRECUENCIA***	***FRECUENCIA RELATIVA***
Identifica los distintos modelos y representaciones de enlace químico realizadas durante el siglo XIX y hasta el siglo XX por diferentes autores.	8 estudiantes	13 estudiantes	16 estudiantes	0 estudiantes	0 estudiantes	37 estudiantes	*(E= 21.62%); (S= 35.13%); (A= 43.24%)*
Comunica de manera adecuada los aportes realizados a la construcción del concepto de enlace químico durante el siglo XIX y hasta el siglo XX por diferentes autores mediante la línea del	8 estudiantes	13 estudiantes	16 estudiantes	0 estudiantes	0 estudiantes	37 estudiantes	*(E= 21.62%); (S= 35.13%); (A= 43.24%)*

tiempo y la relación entre distintos modelos.							
Participa activamente en la construcción de representaciones de conceptos fundamentales para comprender el concepto de enlace químico.	8 estudiantes	13 estudiantes	16 estudiantes	0 estudiantes	0 estudiantes	37 estudiantes	*(E= 21.62%); (S= 35.13%); (A= 43.24%)*
TOTAL DE ESTUDIANTES (GRADO 1001)	*8 estudiantes*	*13 estudiantes*	*11 estudiantes*	*0 estudiantes*	*0 estudiantes*	***37 estudiantes***	***100%***

Tabla No. 23: Resultados obtenidos en la actividad de introducción de conceptos de 1001. Elaboración propia (2023).

La gráfica 3 resalta cada una de las tendencias observadas en la recopilación de los datos obtenidos de la actividad de introducción de conceptos con el curso 1001, permitiendo el proceso de comparación y posterior análisis de los mismos. En este curso la actividad con las frutas se realizó teniendo en cuenta la importancia del trabajo cooperativo entre los diferentes grupos, debido a que cada grupo tenía diferentes frutas asignadas según el elemento.

Gráfica No. 3: Gráfica de los resultados obtenidos en la actividad de introducción de conceptos de 1001. Elaboración propia (2023).

Para los resultados del curso 1003 se presentó una tendencia mayoritaria en la valoración sobresaliente con un porcentaje del 44%, mientras que para las escalas excelente y aceptable se presentó una tendencia parecida difiriendo en 2.68 puntos lo cual indica una variabilidad en las respuestas de los estudiantes, y por último la tendencia insuficiente con un porcentaje del 10% correspondiente a los estudiantes que no realizaron la línea del tiempo. Cabe resaltar que durante la sesión se presentó un comportamiento atento a las explicaciones dadas acerca del tema, sin embargo, factores como el uso de los dispositivos móviles u otros objetos generaban interferencia con el interés de los estudiantes de 1003, por su parte el concepto de valencia resulto ser objeto de las preguntas de los estudiantes. Se realizaron ejemplos en el tablero de algunos compuestos y moléculas con el fin de reforzar las ideas presentadas por los estudiantes.

En la actividad de las frutas cada grupo mediante las ideas presentadas formaron diferentes moléculas y compuestas teniendo en cuenta la lista que incluía el agua, el tetracloruro de carbono, el oxígeno molecular, el metano, entre otros.

ACTIVIDAD DE INTRODUCCIÓN DE CONCEPTOS 1003							
CATEGORÍA	***ESCALAS DE VALORACIÓN***						
	E	***S***	***A***	***I***	***D***	***FRECUENCIA***	***FRECUENCIA RELATIVA***
Identifica los distintos modelos y representaciones de enlace químico realizadas durante el siglo	9 estudiantes	17 estudiantes	8 estudiantes	4 estudiantes	0 estudiantes	38 estudiantes	*(E= 23.68%); (S= 44.73%); (A= 21.05%); (I=10.52%)*

XIX y hasta el siglo XX por diferentes autores.							
Comunica de manera adecuada los aportes realizados a la construcción del concepto de enlace químico durante el siglo XIX y hasta el siglo XX por diferentes autores mediante la línea del tiempo y la relación entre distintos modelos.	9 estudiantes	17 estudiantes	8 estudiantes	4 estudiantes	0 estudiantes	38 estudiantes	*(E= 23.68%); (S= 44.73%); (A= 21.05%); (I=10.52%)*
Participa activamente en la construcción de representaciones de conceptos fundamentales para comprender el concepto de enlace químico.	9 estudiantes	17 estudiantes	8 estudiantes	4 estudiantes	0 estudiantes	38 estudiantes	*(E= 23.68%); (S= 44.73%); (A= 21.05%); (I=10.52%)*
TOTAL DE ESTUDIANTES (GRADO 1003)	*9 estudiantes*	*17 estudiantes*	*7 estudiantes*	*4 estudiantes*	*0 estudiantes*	***38 estudiantes***	***100%***

Tabla No. 24: Resultados obtenidos en la actividad de introducción de conceptos de 1003. Elaboración propia (2023).

En la gráfica 4 se visualizan los resultados obtenidos por los estudiantes de grado 1003, presentando una variabilidad importante en las respuestas dadas por los estudiantes; las actividades realizadas por los mismos permitieron un proceso de construcción colectiva del conocimiento, a su vez que se les daba a conocer la evolución

de los modelos de enlace químico hasta Gilbert Newton Lewis. Se observa de mejor manera la tendencia de la valoración sobresaliente sobre el total de los estudiantes.

Gráfica No. 4: Gráfica de los resultados obtenidos en la actividad de introducción de conceptos de 1003. Elaboración propia (2023).

Por último, cabe mencionar que en el proceso de acompañamiento realizado por el docente titular de la asignatura de química en la institución se manifestó la importancia de realizar dichos recorridos históricos sobre los conceptos con el fin de acercar más al estudiante a los procesos de indagación y la visión de las ciencias como conceptos móviles que cambian por diferentes factores. Los resultados mostrados anteriormente tanto en las tablas como en las gráficas permitirán realizar los análisis correspondientes al desarrollo de la presente actividad.

RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD DE SÍNTESIS

Teniendo en cuenta el cronograma establecido previamente, la actividad de síntesis se desarrolló en dos sesiones de clase; en la primera sesión se contó con un

tiempo estimado de dos horas, en las cuales se realizó una breve explicación del modelo cúbico del átomo y la molécula propuesto por Gilbert Newton Lewis entre los años 1916 y 1923 respectivamente, allí se realizaron algunos ejemplos de compuestos como el agua o el tetracloruro de carbono y de moléculas como el oxígeno molecular, para posteriormente desarrollar los puntos propuestos en la actividad; mientras que en la segunda sesión se realizó el debate en el que los estudiantes defenderían el modelo de enlace químico escogido previamente.

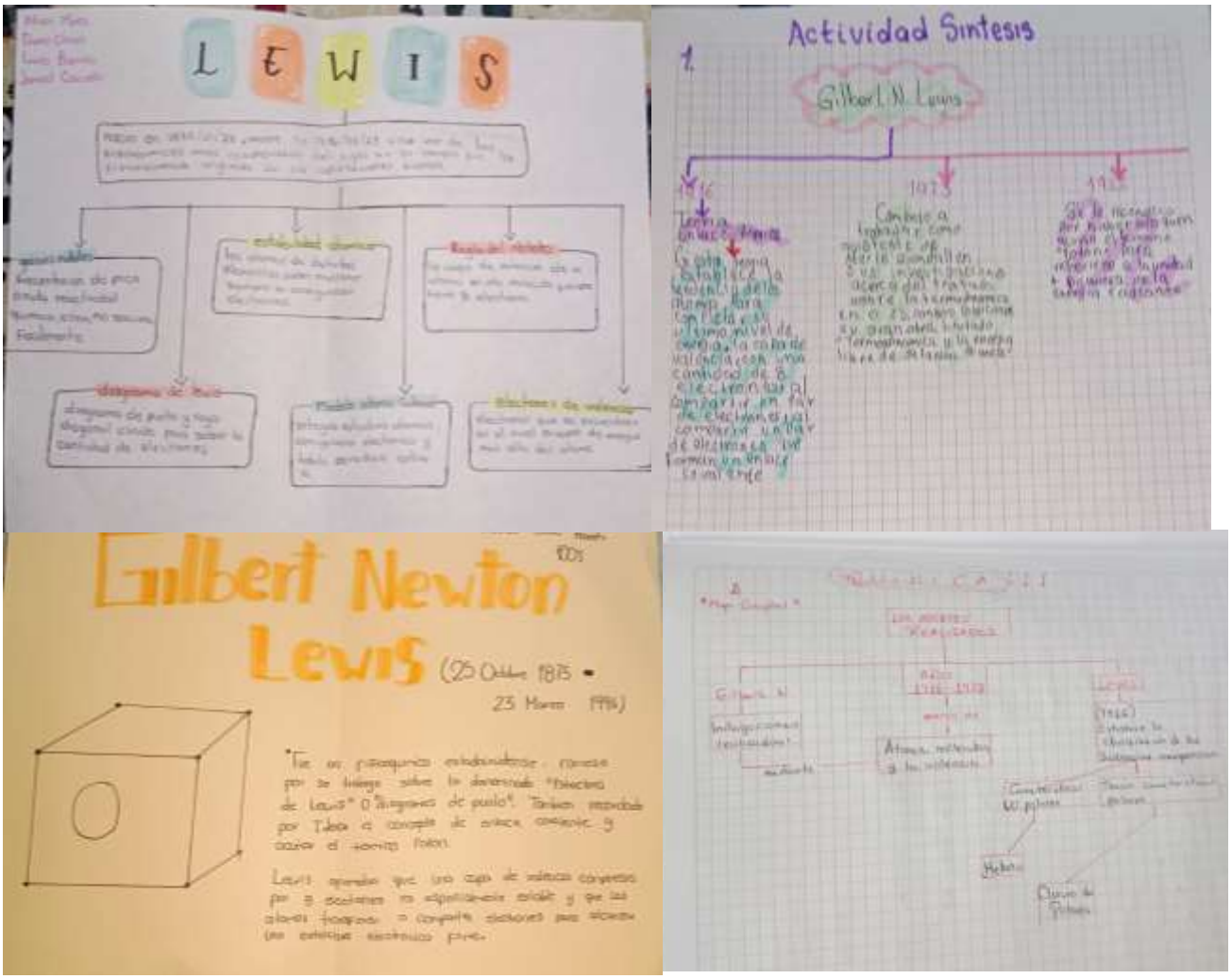


Imagen No. 35: Esquemas realizados por diferentes estudiantes de 1001 y 1003 para dar a conocer los aportes de Gilbert N. Lewis (1916-1923). Se observa el uso de esquemas diferentes al mapa conceptual solicitado. Fotografía tomada por Bravo (2023).

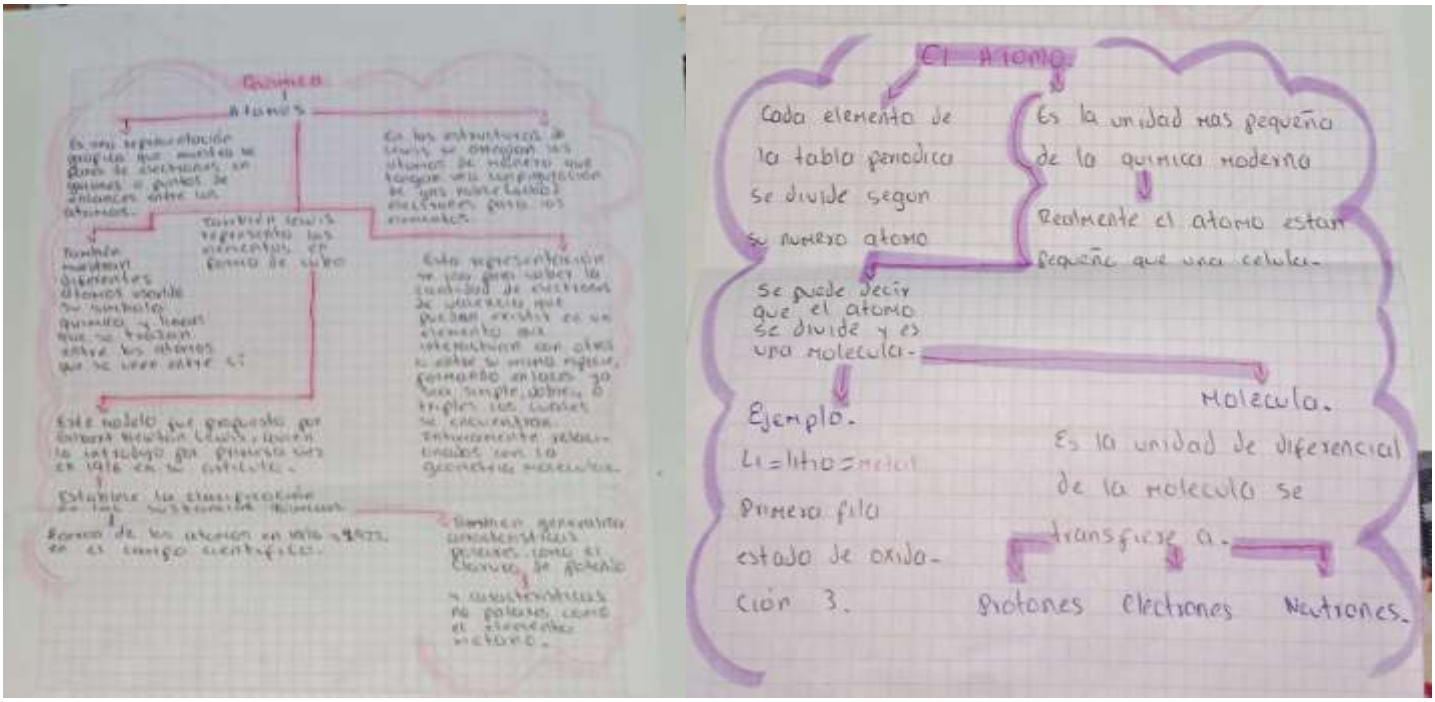


Imagen No. 36: Esquema realizado por una estudiante de 1001 en el que resalta la importancia de los aportes de Gilbert N. Lewis al enlace químico. Fotografía tomada por Bravo (2023).

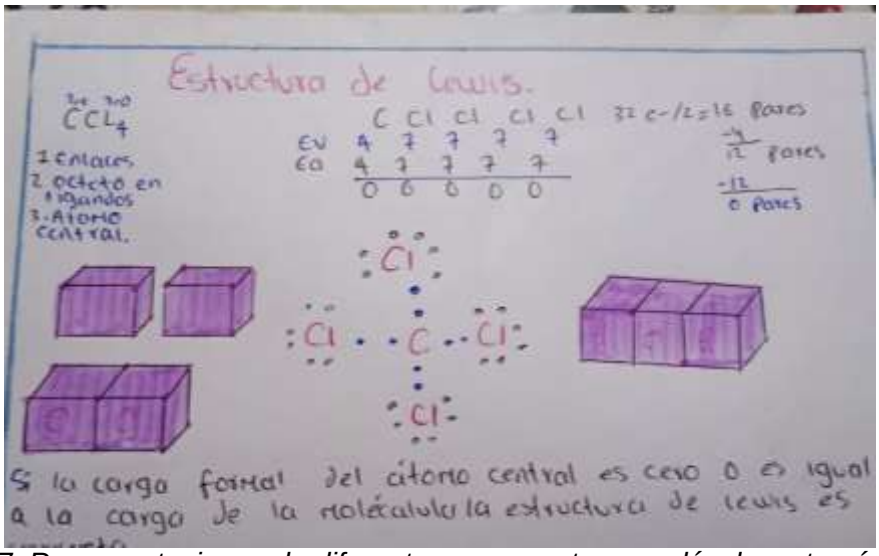


Imagen No. 37: Representaciones de diferentes compuestos y moléculas a través del modelo cúbico planteado por Gilbert N. Lewis. Se observan las estructuras del agua, el oxígeno y el tetracloruro de carbono. Fotografía tomada por Bravo (2023).

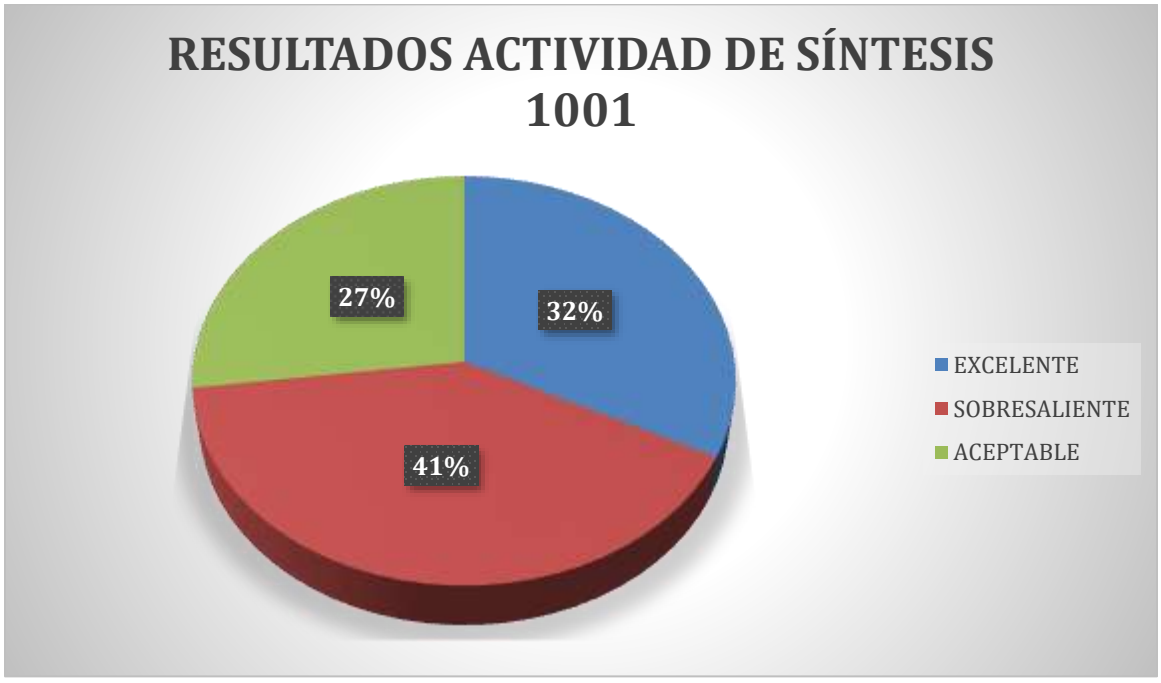
Posterior a la realización de las actividades se realizó la recopilación de los datos obtenidos (Tab. 25), los cuales para el curso 1001 arrojaron que el 40.54% de los estudiantes obtuvieron una valoración sobresaliente debido a las ideas presentadas tanto en el debate como en el proceso de esquematización de la información acerca de los aportes de Lewis; el 32.43% en excelente resaltando el reconocimiento del modelo para la realización de las estructuras correspondientes y, por último, el 27.02% de acuerdo a la escala aceptable respecto a la relación de algunas ideas generales y con algunas dificultades presentadas en el momento de la construcción de las moléculas o compuestos mediante el modelo cúbico de los mismos.

ACTIVIDAD DE SÍNTESIS 1001							
CATEGORÍA	***ESCALAS DE VALORACIÓN***						
	E	***S***	***A***	***I***	***D***	***FRECUENCIA***	***FRECUENCIA RELATIVA***
Relaciona los aportes realizados por Gilbert N. Lewis a través de esquematizaciones como mapas conceptuales.	12 estudiantes	15 estudiantes	10 estudiantes	0 estudiantes	0 estudiantes	37 estudiantes	*(E= 32.43%); (S= 40.54%); (A= 27.02%)*
Comunica de manera argumentada la importancia de los aportes de Kossel, Langmuir y Lewis.	12 estudiantes	15 estudiantes	10 estudiantes	0 estudiantes	0 estudiantes	37 estudiantes	*(E= 32.43%); (S= 40.54%); (A= 27.02%)*
Reconoce el modelo cúbico planteado por	12 estudiantes	15 estudiantes	10 estudiantes	0 estudiantes	0 estudiantes	37 estudiantes	*(E= 32.43%); (S= 40.54%); (A= 27.02%)*

Lewis de átomos y moléculas a través de la realización de las estructuras propuestas.							
TOTAL DE ESTUDIANTES (GRADO 1001)	*12 estudiantes*	*15 estudiantes*	*10 estudiantes*	*0 estudiantes*	*0 estudiantes*	***37 estudiantes***	***100%***

Tabla No. 25: Resultados obtenidos en la actividad de síntesis de 1001. Elaboración propia (2023).

Al igual que en las anteriores actividades los resultados se visualizan mediante una gráfica con la tendencia respecto a los porcentajes obtenidos por los estudiantes según la escala de valoración propuesta en las rúbricas de evaluación. La gráfica 5 da cuenta de tres valores en la escala que se encuentran entre los niveles de comprensión aceptados ya que se acercan a las ideas que se pretenden reforzar en los estudiantes para comprender la naturaleza de los modelos de enlace químico desde la perspectiva de Lewis.



Gráfica No. 5: Gráfica de los resultados obtenidos en la actividad de síntesis del curso 1001. Elaboración propia (2023).

Posteriormente se realizaron las actividades con el curso 1003, allí se recopilaron los datos en los que se evidencia un acercamiento de los estudiantes a los nuevos conceptos y al modelo cúbico de Lewis lo cual se evidencia en los resultados teniendo en cuenta las competencias a desarrollar (Tab. 26). En este punto de la aplicación de la unidad didáctica se evidenció un cambio de actitud de los estudiantes hacía la enseñanza de la química en general, ya que con los trabajos que debían desarrollar se les acerco al conocimiento y se les permitió ser partícipes del mismo.

ACTIVIDAD DE SÍNTESIS 1003							
CATEGORÍA	***ESCALAS DE VALORACIÓN***						
	E	***S***	***A***	***I***	***D***	***FRECUENCIA***	***FRECUENCIA RELATIVA***
Relaciona los aportes realizados por Gilbert N. Lewis a través de esquematizaciones como mapas conceptuales.	14 estudiantes	20 estudiantes	4 estudiantes	0 estudiantes	0 estudiantes	38 estudiantes	*(E= 36.84%); (S= 52.63%); (A= 10.52%)*
Comunica de manera argumentada la importancia de los aportes de Kossel, Langmuir y Lewis.	14 estudiantes	20 estudiantes	4 estudiantes	0 estudiantes	0 estudiantes	38 estudiantes	*(E= 36.84%); (S= 52.63%); (A= 10.52%)*
Reconoce el modelo cúbico planteado por Lewis de átomos y moléculas a través de la realización de las estructuras propuestas.	14 estudiantes	20 estudiantes	4 estudiantes	0 estudiantes	0 estudiantes	38 estudiantes	*(E= 36.84%); (S= 52.63%); (A= 10.52%)*

TOTAL DE ESTUDIANTES (GRADO 1003)	*14 estudiantes*	*20 estudiantes*	*4 estudiantes*	*0 estudiantes*	*0 estudiantes*	***38 estudiantes***	***100%***

Tabla No. 26: Resultados obtenidos en la actividad de síntesis con el curso 1003. Elaboración propia (2023).

A nivel gráfico, los porcentajes evidencian una tendencia hacía la relación entre conceptos acompañada de una poca confusión entre los mismos (Gráfica. 6), dicha confusión radica principalmente en la idea presentada en los contenidos anteriores al curso de décimo, ya que el modelo que se les presenta a los estudiantes desde grado octavo es el diagrama de puntos, por lo que se tiende a asociar dicho diagrama al modelo orbital presentado por Kossel (1916) para dar cuenta de la interacción de los elementos para formar moléculas y compuestos dando lugar a las sustancias que conocemos en la cotidianidad.

Gráfica No. 6: Gráfica de los resultados obtenidos en la actividad de síntesis del curso 1003. Elaboración propia (2023).

Por último, los estudiantes presentaron algunas dificultades para representar el compuesto del tetracloruro de carbono mediante los modelos presentados, sin embargo muchos de ellos realizaron la distribución electrónica de los elementos de los compuestos y las moléculas que se encontraban en el enunciado de la actividad, lo cual les permitió reconocer la cantidad de electrones de valencia presentes en cada uno y sucesivamente disponerlos en las esquinas de un cubo dibujado en una hoja de papel.

RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD DE APLICACIÓN Y TRANSFERENCIA

La última sesión de aplicación de la unidad didáctica tuvo lugar los días 27 y 28 del mes de abril, con la realización de los dos puntos de la actividad de aplicación y transferencia en un tiempo estimado de dos horas con ambos cursos de grado décimo. Durante la realización de la actividad se presentaron aportes por parte de los estudiantes quienes, en sus grupos de trabajo, discutieron sobre cuál era el modelo más adecuado para representar compuestos o moléculas, a su vez, de establecer la molécula a ilustrar de manera macro; lo anterior se complementó con los materiales con los que los estudiantes realizaron sus modelos entre los que se encontraban palillos, bolas de icopor, cartón paja, entre otros. Después de hacer la primera actividad, en los mismos grupos de trabajo los estudiantes aportaron cada uno sus ideas para la construcción del microrelato donde explicarían su modelo y el cómo llegaron a la construcción del mismo.

Imagen No. 38: Representaciones de diferentes compuestos, en el primero se puede observar la estructura propuesta para el trióxido de dinitrógeno en el que usó el modelo cúbico del átomo; el segundo representa la estructura del metano mediante esferas que muestran su geometría molecular. Fotografía tomada por Bravo (2023).

Los resultados obtenidos en la última actividad planteada en la unidad didáctica con 1001 se muestran en la tabla 27. En ella se observa que el 46% de los estudiantes obtuvieron una valoración excelente, en la cual se resalta la participación y actitud de los estudiantes al momento de construir tanto los microrelatos como los modelos a escala 3D, también del lenguaje utilizado en los mismos y el reconocimiento de la importancia de los aportes de Gilbert Newton Lewis; seguidamente, el 38% se ubicaron en la valoración sobresaliente en la cual cabe mencionar que en la mayoría de sus relatos y representaciones se realizaban asociaciones con ejemplos de la vida cotidiana. El 16% representa la cantidad de estudiantes que tenían algunas confusiones con los conceptos manejados, lo cual representa uno de los retos a posteriori de la aplicación de la presente propuesta didáctica.

ACTIVIDAD DE APLICACIÓN Y TRANSFERENCIA 1001							
CATEGORÍA	***ESCALAS DE VALORACIÓN***						
	E	***S***	***A***	***I***	***D***	***FRECUENCIA***	***FRECUENCIA RELATIVA***
Relaciona los distintos conceptos y modelos aprendidos para la construcción del relato y de la representación a escala del modelo escogido.	*17 estudiantes*	14 estudiantes	6 estudiantes	0 estudiantes	0 estudiantes	37 estudiantes	*(E= 45.94%); (S= 37.83%); (A= 16.21%)*
Comunica de manera adecuada la importancia del modelo escogido para la actividad propuesta	*17 estudiantes*	14 estudiantes	6 estudiantes	0 estudiantes	0 estudiantes	37 estudiantes	*(E= 45.94%); (S= 37.83%); (A= 16.21%)*
Participa activamente y cooperativamente de las actividades propuestas en la clase	*17 estudiantes*	14 estudiantes	6 estudiantes	0 estudiantes	0 estudiantes	37 estudiantes	*(E= 45.94%); (S= 37.83%); (A= 16.21%)*
Comprende la importancia de las representaciones de Gilbert N. Lewis en la evolución del concepto actual de enlace químico.	*17 estudiantes*	14 estudiantes	6 estudiantes	0 estudiantes	0 estudiantes	37 estudiantes	*(E= 45.94%); (S= 37.83%); (A= 16.21%)*
TOTAL DE ESTUDIANTES (GRADO 1001)	*17 estudiantes*	*14 estudiantes*	*6 estudiantes*	*0 estudiantes*	*0 estudiantes*	***37 estudiantes***	***100%***

Tabla No. 27: Resultados obtenidos en la actividad de aplicación y transferencia con el curso 1001. Elaboración propia (2023).

Lo anterior se ve reflejado en la gráfica 7 donde se demarcan los porcentajes correspondientes a las valoraciones excelente y sobresaliente como las que recogen a la mayoría de los estudiantes de grado 1001. El trabajo realizado con dichos estudiantes se vio acompañado de preguntas relacionadas con la temática abordada, permitiendo desarrollar las actividades con un alto grado de motivación en los estudiantes y de un proceso de indagación autónoma acerca de los autores vistos en las sesiones de clase.

Gráfica No. 7: Gráfica de los resultados obtenidos en la actividad de aplicación y transferencia del curso 1001. Elaboración propia (2023).

En cuanto a los resultados obtenidos por el curso de 1003, estos arrojaron porcentajes dentro de los cuales el 63.15% de los estudiantes del curso obtuvieron una valoración excelente de acuerdo a las competencias establecidas en la rúbrica de evaluación; al igual que con el curso 1001 se resalta la motivación generada por los estudiantes, quienes por medio de preguntas y del trabajo cooperativo llegaron a relacionar los conceptos trabajados a lo largo de las sesiones para la formación de diferentes compuestos o moléculas, con ello la construcción de los relatos se fundamentó desde la cotidianidad de cada uno de los estudiantes y quienes lograban articular dichos

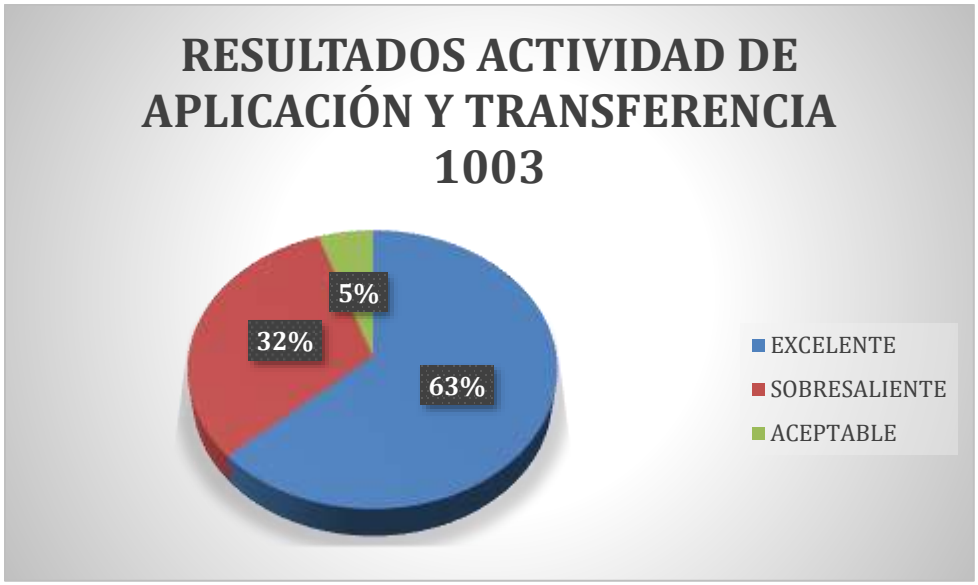
nuevos conceptos con representaciones de su realidad; por su parte el 31.5% presentó unos resultados entre los que se destaca el reconocimiento de la importancia de los aportes de los distintos autores y también como estos contribuyeron a las investigaciones actuales en materia de la química cuántica.

ACTIVIDAD DE APLICACIÓN Y TRANSFERENCIA 1003							
CATEGORÍA	***ESCALAS DE VALORACIÓN***						
	E	***S***	***A***	***I***	***D***	***FRECUENCIA***	***FRECUENCIA RELATIVA***
Relaciona los distintos conceptos y modelos aprendidos para la construcción del relato y de la representación a escala del modelo escogido.	*24 estudiantes*	12 estudiantes	2 estudiantes	0 estudiantes	0 estudiantes	38 estudiantes	*(E= 63.15%); (S= 31.57%); (A= 5.26%)*
Comunica de manera adecuada la importancia del modelo escogido para la actividad propuesta	*24 estudiantes*	12 estudiantes	2 estudiantes	0 estudiantes	0 estudiantes	38 estudiantes	*(E= 63.15%); (S= 31.57%); (A= 5.26%)*
Participa activamente y cooperativamente de las actividades propuestas en la clase	*24 estudiantes*	12 estudiantes	2 estudiantes	0 estudiantes	0 estudiantes	38 estudiantes	*(E= 63.15%); (S= 31.57%); (A= 5.26%)*
Comprende la importancia de las representaciones de Gilbert N. Lewis en la evolución del concepto actual	*24 estudiantes*	12 estudiantes	2 estudiantes	0 estudiantes	0 estudiantes	38 estudiantes	*(E= 63.15%); (S= 31.57%); (A= 5.26%)*

de enlace químico.							
TOTAL DE ESTUDIANTES (GRADO 1003)	*24 estudiantes*	*12 estudiantes*	*2 estudiantes*	*0 estudiantes*	*0 estudiantes*	***38 estudiantes***	***100%***

Tabla No. 28: Resultados obtenidos en la actividad de aplicación y transferencia con el curso 1003. Elaboración propia (2023).

Lo anterior se evidencia de manera puntual en la gráfica 8, donde se puede observar como casi más de la mitad de los estudiantes e ubicaron en la valoración excelente; sin embargo, los estudiantes que constituyen el 5% del total de los mismos en el aula de clases se reflejan como la población objetivo con quienes se debe profundizar el trabajo presentado en este trabajo, ya que les permitirá comprender de mejor manera los conceptos básicos que llevan al establecimiento del concepto de enlace químico.



Gráfica No. 8: Gráfica de los resultados obtenidos en la actividad de aplicación y transferencia del curso 1003. Elaboración propia (2023).

La realización de la actividad anterior permite rescatar la importancia de la enseñanza desde la historia y epistemología de los conceptos de la química, ya que una de las percepciones más recurrentes tras la realización de la misma fue la de comprender

que la ciencia no es un proceso estático, sino que se va modificando de acuerdo a las necesidades del contexto social, político, económico y cultural de las sociedades.

RESULTADOS DEL POST TEST DE EXPLORACIÓN DE IDEAS PREVIAS Y LABORATORIO DE CRISTALOGRAFÍA

En el siguiente apartado se dan a conocer los resultados obtenidos por los estudiantes en la aplicación del post test de ideas previas y el laboratorio de cristales realizado en el laboratorio de ciencias. Para el post test los resultados se organizan en una tabla de datos y se visualiza con su respectiva gráfica de porcentajes con el fin de comparar las ideas iniciales con las afianzadas durante la aplicación de la propuesta didáctica; mientras que los resultados del laboratorio como parte experimental de la unidad didáctica se muestran por medio de evidencias fotográficas y el contraste con las respuestas de los puntos propuestos en la guía de laboratorio

Imagen No. 39: Materiales utilizados para la realización del laboratorio de crecimiento de cristales de sal y azúcar. Fotografía tomada por Bravo (2023).

Imagen No. 40: Resultados de algunos estudiantes de grado 1001 y 1003 del proceso de cristalización de la sal. Fotografía tomada por Bravo (2023).

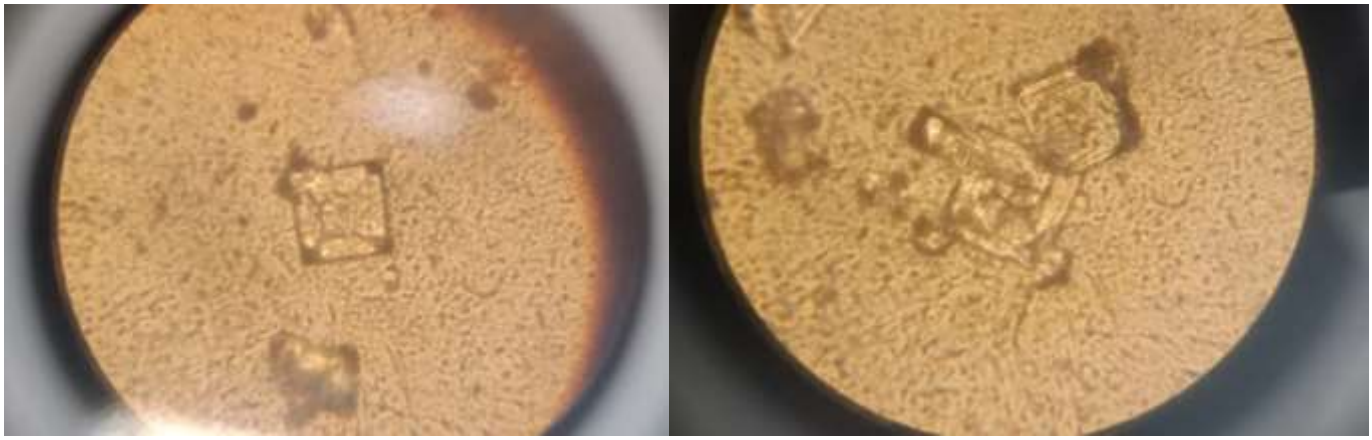


Imagen No. 41: Cristales de sal vistos desde el microscopio con objetivo 40x donde se evidencia su estructura cristalina. Fotografía tomada por Bravo (2023).

En segundo lugar, se registraron los datos obtenidos de los instrumentos post test de ideas que comprendían los mismos puntos de la actividad de exploración, con ello se buscaba hacer un contraste no solo cuantitativo sino también cualitativo de las respuestas de los estudiantes. Para el curso 1001 el 54% de los estudiantes, es decir un poco más de la mitad del total de los estudiantes obtuvieron una valoración excelente, lo cual responde al trabajo realizado durante las sesiones de clase en los que se destaca la identificación de los modelos presentados en contraste con la actividad inicial, allí los estudiantes reconocieron los autores de cada modelo y profundizaron en la explicación de cada uno, se destaca la utilización del término de valencia para caracterizar elementos como el hidrógeno, el oxígeno y el carbono; el 40.5% tuvieron una valoración sobresaliente donde se resalta la confusión que persiste en algunos conceptos como por ejemplo en el concepto de molécula. Por último, el 5.4% de los estudiantes presentan dificultades para identificar los modelos y los conceptos presentados, por lo que los confunden entre sí.

POST TEST DE EXPLORACIÓN DE IDEAS 1001							
CATEGORÍA	***ESCALAS DE VALORACIÓN***						
	E	***S***	***A***	***I***	***D***	***FRECUENCIA***	***FRECUENCIA RELATIVA***
Identifica los distintos conceptos presentados en la actividad.	20 estudiantes	15 estudiantes	2 estudiantes	0 estudiantes	0 estudiantes	37 estudiantes	*(E= 54.05%); (S= 40.54%); (A= 5.40%)*
Comunica de manera adecuada las semejanzas y diferencias	20 estudiantes	15 estudiantes	2 estudiantes	0 estudiantes	0 estudiantes	37 estudiantes	*(E= 54.05%); (S= 40.54%); (A= 5.40%)*

entre cada uno de los modelos presentados en la actividad.							
Participa activamente en la representación del concepto de enlace químico dando ejemplos desde su cotidianidad.	20 estudiantes	15 estudiantes	2 estudiantes	0 estudiantes	0 estudiantes	37 estudiantes	*(E= 54.05%); (S= 40.54%); (A= 5.40%)*
TOTAL DE ESTUDIANTES (GRADO 1001)	*20 estudiante*	*15 estudiantes*	*2 estudiantes*	*0 estudiantes*	*0 estudiantes*	***37 estudiantes***	**100%**

Tabla No. 29: Resultados obtenidos en el post test de exploración de ideas previas con el curso 1001. Elaboración propia (2023).

El gráfico 9 muestra que los resultados obtenidos en el post test resultan favorables para la comprensión del concepto de enlace químico, debido a que la mayoría de los estudiantes tras la aplicación de la propuesta didáctica afianzan sus conocimientos para relacionar los modelos y conceptos con sus ideas propias de su cotidianidad.

Gráfica No. 9: Gráfica de los resultados obtenidos en el post test de exploración de ideas

previas del curso 1001. Elaboración propia (2023).

Seguidamente, los resultados para el curso 1003 muestran que el 57.8% de los estudiantes obtuvieron una valoración excelente dichos motivos contrastan con lo abordado en los resultados de 1001 con el componente adicional de la motivación y disposición de los estudiantes al momento de realizar las actividades propuestas, el 23.6% se ubicaron en la valoración sobresaliente y el 18.42% en aceptable, allí se presenta una cantidad considerable de estudiantes que presentan dificultades en la comprensión de los conceptos presentados en la actividad.

POST TEST DE EXPLORACIÓN DE IDEAS 1003							
CATEGORÍA	***ESCALAS DE VALORACIÓN***						
	E	***S***	***A***	***I***	***D***	***FRECUENCIA***	***FRECUENCIA RELATIVA***
Identifica los distintos conceptos presentados en la actividad.	22 estudiantes	9 estudiantes	7 estudiantes	0 estudiantes	0 estudiantes	38 estudiantes	*(E= 57.89%); (S= 23.68%); (A= 18.42%)*
Comunica de manera adecuada las semejanzas y diferencias entre cada uno de los modelos presentados en la actividad.	22 estudiantes	9 estudiantes	7 estudiantes	0 estudiantes	0 estudiantes	38 estudiantes	*(E= 57.89%); (S= 23.68%); (A= 18.42%)*
Participa activamente en la representación del concepto	22 estudiantes	9 estudiantes	7 estudiantes	0 estudiantes	0 estudiantes	38 estudiantes	*(E= 57.89%); (S= 23.68%); (A= 18.42%)*

de enlace químico dando ejemplos desde su cotidianidad.							
TOTAL DE ESTUDIANTES (GRADO 1003)	*22 estudiantes*	*9 estudiantes*	*7 estudiantes*	*0 estudiantes*	*0 estudiantes*	***38 estudiantes***	**100%**

Tabla No. 30: Resultados obtenidos en el post test de exploración de ideas previas con el curso 1003. Elaboración propia (2023).

Los datos de los resultados del curso 1003 se ilustran en la gráfica 10 donde se evidencia los porcentajes correspondientes a cada una de las escalas de valoración. Es importante destacar que durante el post test los estudiantes tuvieron más herramientas para reconocer los modelos de enlace químico, reconociendo sus autores y la importancia de los mismos. La gráfica reafirma la tendencia de la mayoría de los estudiantes que se acercan a las concepciones que se les presentan respecto a la temática abordada.

Gráfica No. 10: Gráfica de los resultados obtenidos en el post test de exploración de ideas previas del curso 1003. Elaboración propia (2023).

Finalmente, los resultados que se muestran anteriormente permitirán realizar los análisis correspondientes acompañados de las conclusiones del trabajo y posteriormente una serie de recomendaciones para la aplicación de la propuesta didáctica en otros ambientes educativos.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el siguiente apartado, se dan a conocer los análisis de resultados producto de las actividades realizadas durante la aplicación de la propuesta didáctica, la cual tiene como objetivo principal favorecer la construcción de representaciones sobre los enlaces químicos de Gilbert Newton Lewis a través de modelos en estudiantes de grado 10°. Dichos análisis se desarrollan a partir de los aportes mencionados en el marco teórico del presente trabajo y del proceso evaluativo realizado con un enfoque mixto, donde se complementarán los resultados cuantitativos con los cualitativos de los cursos 1001 y 1003 del Colegio Nacional Nicolás Esguerra IED como población objetivo.

En primer lugar, la construcción tanto de la unidad didáctica como de las actividades propuestas se desarrolló teniendo en cuenta el enfoque metodológico de característica constructivista, en la cual se parte de una etapa inicial denominada explicitación de las ideas previas; allí se encontraron identificados específicamente los instrumentos correspondientes a la actividad de exploración de ideas previas implementados al inicio de la unidad didáctica, y de igual manera los resultados de su aplicación al finalizar la misma, con el objetivo de contrastar dichas ideas con las posibles reestructuraciones teóricas que comprenden la superación de las conjeturas alternativas con las que los estudiantes cuentan en un inicio y, consecuentemente, un cambio en las estructuras conceptuales por medio del aprendizaje significativo. Lo anterior permitió comprender que, en la actividad inicial, los estudiantes recurrieron al uso del lenguaje cotidiano para dar respuesta a los diferentes puntos propuestos.

Para ello realizaron análisis descriptivos en los que resaltaron características visuales de las imágenes de los diferentes modelos de enlace químico que se les presentaron; como, por ejemplo, para la imagen correspondiente al modelo de Kekulé mencionaron que dicha representación gráfica comprendía círculos agrupados que se enlazaban entre sí, los cuales también en su interior tenían letras que hacían distinción a elementos químicos como el hidrógeno y el oxígeno; para el caso del modelo orbital de Walter Kossel los estudiantes mencionaron que dicha imagen correspondía al modelo de Lewis, lo cual se da debido a que a lo largo del proceso de enseñanza en ciencias de la institución educativa, el currículo presenta la explicación de los enlaces químicos desde los diagramas de Lewis que se distinguen por la representación de los electrones de valencia alrededor del símbolo químico del elemento, generando asociaciones con la idea propuesta por Niels Bohr hacia 1913, en la que los electrones se encuentran en orbitas estables y definidas alrededor del núcleo del átomo; cabe destacar que lo anterior se establecen como concepciones inducidas en los estudiantes.

Otro punto importante de análisis son las representaciones realizadas por los estudiantes respecto a los enlaces químicos desde un ejemplo de su cotidianidad; en este, se presentaron ejemplos tales como asociaciones al conectar una licuadora al enchufe de conexión, donde resaltan que cuando se conectan se genera el enlace, otro ejemplo menciona el fútbol en donde se deben unir fuerzas con otras personas para ganar o mantener la posesión del balón visto como el electrón, los estudiantes señalan que un desequilibrio en el número de jugadores ocasionará que sea más difícil de mantener el electrón en su espacio. Al contrastar la información obtenida con los

referentes teóricos se puede encontrar que los estudiantes al enfrentarse a este tipo de actividades recurren a los modelos analógicos ya que sus representaciones mantienen algunos aspectos del objeto, a su vez tienen en cuenta algunas propiedades o comportamientos de los enlaces químicos, entre los que podemos destacar el término de fuerza y la asociación del enchufe por el transporte de electrones.

Pese a no considerarse como modelos científicos, estos hacen parte de la ciencia escolar, la cual se fundamenta en involucrar el contexto en el que intervienen tanto los estudiantes como los docentes con una concepción de los fenómenos desde puentes con los modelos interpretativos (Izquierdo, et al. 2004). También, las representaciones realizadas por los estudiantes se pueden clasificar como modelos mentales, ya que parten de construcciones de situaciones comunes que dan lugar a una base fundamental de concepciones alternativas de los estudiantes hacia el concepto de enlace químico.

Respecto al análisis cuantitativo de los resultados de la actividad de exploración de ideas previas se puede observar que para el curso 1001 el porcentaje de estudiantes que se encontraron en la valoración insuficiente fue del 43.24% mientras que para el curso 1003 el porcentaje fue de 60.52%, los valores más altos en la escala valorativa; ello indica que la mayoría de los estudiantes presenta dificultades en cuanto a las competencias de identificación de conceptos, comunicación tanto de semejanzas como diferencias y su participación en la representación del concepto de enlace químico desde su cotidianidad. Una de las ideas más frecuentes en los estudiantes fue la de definir a la molécula como la parte mínima de la materia, desconociendo que dicha parte mínima

actualmente se establece en la existencia de subpartículas atómicas, a su vez, la idea de que en un enlace químico se comparten los neutrones. Se puede definir que, en el proceso de enseñanza de las ciencias, específicamente en los currículos se debe realizar un énfasis en la importancia de los descubrimientos realizados entorno a las subpartículas con el fin de modificar dicha idea previa.

Continuando con las fases de la enseñanza con enfoque constructivista, se aborda la construcción de explicaciones relacionado en la propuesta didáctica con la actividad de introducción de conceptos, ya que desde la estructuración de la trama histórica hasta su divulgación en el aula de clases con ambos cursos se favorece el proceso de reestructuración de las concepciones alternativas, ya sean de carácter inducido, espontáneo o analógico. La trama histórica realizada a partir de los aportes dados desde la antigüedad, lo cual le permite al estudiante incorporar entre sus ideas a la ciencia como un proceso progresivo que se complementa por factores externos (económicos, políticos, sociales o culturales) y que hace uso de los aportes de los diferentes autores que contribuyeron a la construcción del enlace químico por medio de modelos abstractos que cumplen con las características de los mismos establecidos por Chamizo (2006) que también relacionan aspectos de simplicidad, matematización, utilidad, estabilidad, entre otros dados por Castro (1992).

Posteriormente, con el diseño y realización de las líneas del tiempo se les permitió a los estudiantes que, por medio del conocimiento brindado, pudiesen organizar cronológicamente los eventos acontecidos en la construcción del concepto de enlace

químico, donde pudieron determinar los siglos XIX y XX como fundamentales en el desarrollo de modelos que buscaban representar los comportamientos de la materia desde el enfoque de la química. Estos instrumentos favorecen la comprensión de los modelos de enlace químico a través del recuerdo y la asociación de ideas complementarias a lo largo de las épocas señaladas.

Por su parte, la actividad que implicó la utilización de frutas para representar diferentes moléculas y compuestas generó que los estudiantes al tener elementos en su estado molecular lo intuyeran como la unión de dos frutas del mismo tipo, y contrariamente las de diferente tipo representaron compuestos; la ya mencionada actividad permite que los estudiantes realicen modelos iconográficos, allí se intentó representar la similitud entre las sustancias propuestas realizadas con las frutas (las cuales representan el modelo analógico) y las estructuras de las mismas dibujadas en los tableros de los salones de clase. La actividad del cuadro comparativo les permitió a los estudiantes reconocer las semejanzas y diferencias entre los modelos de enlace químico del siglo XX, reforzando las ideas por medio de los dibujos de cada modelo y la escritura de dichas características, el mayor aporte, sin lugar a duda fue que los estudiantes lograron reconocer el modelo orbital planteado por Walter Kossel y su importancia en la construcción de las ideas del enlace iónico.

Ya para los resultados cuantitativos de la actividad mencionada anteriormente, los datos tanto de las tablas como de las gráficas dan cuenta de que para el curso 1001 el porcentaje mayoritario se dio en la escala de valoración aceptable con un 43.24%, lo cual

da cuenta del reconocimiento de las discusiones dadas en las épocas abordadas respecto a las explicaciones del comportamiento de la materia desde la física y la química, ello les permitió reconocer algunos de los modelos abordados en la sesión de clases, teniendo una constante entre los estudiantes de confundir las representaciones gráficas entre los modelos presentados; por otra parte, para el curso 1003 la escala valorativa con mayor frecuencia fue la de sobresaliente con un 44.73% lo cual sustenta la realización de las líneas del tiempo, la identificación de las fechas, autores y sus aportes, y el uso del lenguaje cotidiano para comunicar la importancia de los mismos.

Después, la actividad de síntesis se fundamentó tanto desde la fase de construcción de explicaciones como desde la confrontación de ideas. En este punto se debe señalar que al inicio de las sesiones se realizaron las explicaciones correspondientes a la comprensión del modelo cúbico del átomo y la molécula de Gilbert Newton Lewis establecidos desde los trabajos publicados de 1916 a 1923 durante el siglo XX; uno de los puntos fundamentales fue que los estudiantes reconocieron la importancia del autor de dicho modelo en relación con los enlaces químicos, debido a la idea postulada en sus trabajos respecto al par de electrones compartidos, también los estudiantes identificaron que en los trabajos de Lewis se hizo uso de la regla del octeto propuesta en años anteriores por el químico alemán Richard Abegg y por último la definición de que los electrones no se encontraban estáticos en una sola posición dentro del átomo.

Durante el desarrollo del punto en el que se realizaron las estructuras del agua, el

tetracloruro de carbono y el oxígeno molecular se pudo observar que para este último los estudiantes no presentaron dificultades para su representación visual, en ella mostraban los electrones de valencia dispuestos en las esquinas de dos cubos que se unen por medio de un par de electrones para cumplir con la regla del octeto; sin embargo presentaron mayor grado de dificultad para la estructura del tetracloruro de carbono, por lo cual algunos recurrieron a desarrollarlo por medio de los diagramas de Lewis, los cuales se encuentran en el trabajo publicado por el en el año 1923. Las actividades respecto a la realización del debate no pudieron ser llevadas a cabo por cuestiones de tiempo y eventos institucionales.

Sobre lo cuantitativo de la anterior actividad ambos cursos presentaron mayoritariamente porcentajes correspondientes a la valoración sobresaliente, el primero (1001) con un porcentaje de 40.54% y el segundo (1003) con 52.63%, dando cuenta de la relación que los estudiantes manifestaron respecto a los artículos de Gilbert N. Lewis y el reconocimiento del modelo cúbico del mismo autor; sin embargo, se identificaron algunas dificultades a la hora de esquematizar dichos aportes.

Por consiguiente, la actividad de aplicación y transferencia se relaciona de manera directa con la fase del proceso de enseñanza con enfoque constructivista denominada aplicación de modelos; lo anterior logró la consolidación de las nuevas ideas en los estudiantes, quienes por medio de modelos materiales representados en maquetas realizaban diferentes compuestos a escala, lo cual les permitía interactuar con los fenómenos y comportamientos de la materia en el mundo microscópico. Se pudo

evidenciar la unión de las diferentes clasificaciones de los tipos de modelos donde se identificaron características de las sustancias desarrolladas.

Llegada la actividad y los resultados presentados, se obtuvieron porcentajes en la escala de valoración excelente de 45.94% y 63.15% para 1001 y 1003 respectivamente. Lo anterior evidenció el progreso de los estudiantes durante la aplicación de dicha actividad, con ella los estudiantes lograron identificar sin ninguna dificultad los conceptos y modelos aprendidos, también comunicaban a sus compañeros la importancia de dichos modelos específicamente del de Lewis para la construcción actual del concepto de enlace químico. Cabe resaltar que dicho progreso es resultado del proceso de retroalimentación constante en el aula de clases.

Finalmente, la práctica de laboratorio de crecimiento de cristales de azúcar y sal tuvo un efecto positivo en los estudiantes, esto debido a que se realizó una práctica en para la cual la base fundamental fue el desarrollo del trabajo cooperativo visto más allá de una actividad en grupo; sumándole a ello la motivación manifestada por los estudiantes por observar la química desde los materiales que son de uso cotidiano en sus hogares. Cuando se observaron los cristales bajo el microscopio, ellos pudieron relacionar el modelo de Gilbert N. Lewis con las estructuras cristalinas de las sales, por lo que dedujeron que, pese a que el modelo del autor mencionado anteriormente se fundamentaba a partir de las propiedades químicas de la materia, su modelo permitía relacionar conceptos como la geometría molecular de las sustancias y las estructuras cristalinas que crecieron allí. Otro punto importante fue que los estudiantes reconocieron

la importancia de la electricidad en cuanto al flujo de electrones y la relación misma entre materia-electricidad, lo anterior se planeaba trabajarlo desde un laboratorio de generación de electricidad con frutas cítricas, pero que por temas de tiempo no pudo ser aplicada. Comparando los datos iniciales con los obtenidos en la realización del post test, el curso 1001 pasó de un 43.24% de la valoración insuficiente a 54.05% correspondiente a la valoración excelente; mientras que el curso 1003 pasó de un porcentaje de 60.52% de valoración insuficiente a 57.89% de valoración excelente, dando evidencia del proceso recopilado a partir de las actividades planteadas en la propuesta didáctica.

CONCLUSIONES

Con el diseño de una unidad didáctica teniendo en cuenta las bases del trabajo enfocado al constructivismo, se logró generar en los estudiantes de grado décimo un proceso de reestructuración del conocimiento o también llamado cambio conceptual, a partir de la construcción de representaciones que van desde el uso del lenguaje cotidiano hasta un lenguaje más técnico asociado a conceptos fundamentales para entender la naturaleza y los comportamientos de los enlaces químicos en las sustancias.

En definitiva, el uso y la enseñanza de los modelos de Gilbert Newton Lewis genera que los estudiantes comprendan algunas características químicas de las sustancias; dicho proceso debe ir de la mano de un método experimental en el que se puedan asociar visualmente tanto los modelos de enlace químico como las teorías vistas en el aula de clase. Lo anterior se fundamenta bajo una necesidad de hacer más comprensible los conceptos básicos de las ciencias químicas, ya que muchas veces los contenidos curriculares del área llegan a ser de poco interés, motivación y aprehensión para los estudiantes de grado décimo de educación media.

Con la elaboración de una trama histórica sobre el desarrollo de teorías sobre el enlace químico en el siglo XIX y hasta las propuestas de Gilbert Newton Lewis hacía el siglo XX, se consiguió transmitirle al estudiante nuevas formas de organizar el conocimiento a partir del diseño y construcción de líneas del tiempo, cuadros comparativos, representaciones a escala, entre otras; las cuales son importantes abordarlas desde las modelizaciones en el entorno de la ciencia escolar fundamentadas

en el campo de la cotidianidad y las experiencias como herramientas que tienen los estudiantes de primera mano para dilucidar sus ideas.

Mediante el diseño y aplicación de la unidad didáctica denominada "*Los Enlaces químicos: Una mirada histórica de Gilbert Newton Lewis desde sus modelos y representaciones",* se logró promover el desarrollo del pensamiento científico y aprendizaje significativo para explicar las propiedades de elementos y compuestos; como evidencia de ello se tienen tanto los resultados cuantitativos como las relaciones que los estudiantes de grado décimo de educación media del Colegio Nacional Nicolás Esguerra IED realizaron entre las estructuras cristalinas de algunas sustancias, la geometría molecular y la conductividad eléctrica de las mismas; sobre la última relación se evidencia una idea previa referida al componente analógico en la que se relaciona las conexiones con enchufes del hogar de diferentes electrodomésticos para representar un enlace químico.

La aplicación de la ya mencionada unidad didáctica también permitió que los estudiantes desarrollaran competencias comunicativas con las cuales los estudiantes lograron explicar la relación existente entre los modelos y representaciones del enlace químico establecidos por Kossel, Langmuir y Lewis durante el siglo XX, procedimentales donde por medio del recorrido histórico identificaron los diferentes tipos de representaciones sobre el enlace químico generados desde el siglo XIX hasta el siglo XX con relación a diferentes moléculas o compuestos, conceptuales mediante el reconocimiento de las propiedades de los elementos químicos tomando como referencia

los aportes de Lewis y actitudinales en las que los estudiantes lograron evaluar la importancia de los modelos y representaciones de los enlaces químicos para la historia en la construcción del concepto de enlace químico para el avance del mismo en la actualidad.

Finalmente, con la incorporación de estrategias de evaluación mixtas se facilitó la exploración de ideas de los estudiantes, identificando cuantitativa y cualitativamente el progreso de los mismos durante el proceso de aplicación de la unidad didáctica propuesta. El trabajo presentado se constituye como una forma de involucrar directamente a los estudiantes en el proceso de construcción del conocimiento científico en las aulas de clase, así como permitir establecer la importancia del componente histórico para la enseñanza de las ciencias en los diferentes niveles educativos. Dicho componente debe abarcar actividades interactivas para que este se convierta en un eje fundamental de interés para los estudiantes.

RECOMENDACIONES

En el contexto colombiano de la educación en ciencias, específicamente de la química en los diferentes grados de escolaridad resulta fundamental enfocar los trabajos didácticos a las representaciones que los estudiantes poseen respecto a los contenidos abordados en el aula de clases. Lo anterior permite entender que dicho proceso educativo se encuentra en un proceso de transformación hacia el enfoque pedagógico STEM que integrará cuatro disciplinas a la enseñanza y aprendizaje con los estudiantes.

Teniendo en cuenta esto, es importante aclarar que la presente propuesta didáctica posee un enfoque de flexibilización en cuanto a adaptación de la misma se refiere; debido a que en las diferentes instituciones educativas se manejan contextos no solo sociales sino también económicos, políticos y culturales que favorecen o dificultan la aplicación de la mismas, por ello se recomienda hacer uso de una caracterización socioeconómica y psicosocial previa que permita la identificación de la población a la que se le aplicará el presente trabajo.

Por último, es importante tomar dichos contextos para replantear o proponer nuevas actividades hacia el uso de las TIC´s, las cuales impactan de manera positiva y sobre todo significativa ya que permite, entre otras cosas, la visualización de los conceptos químicos que resultan tener un alto nivel de complejidad en su comprensión. Mediante dicha caracterización se pueden adaptar los instrumentos de aplicación y evaluación a las personas en condiciones de discapacidad, con el fin de contribuir a la accesibilidad de las ciencias en diferentes grupos de poblaciones.

BIBLIOGRAFÍA

Alarcón Rodríguez, L. Y. (2017). Modelo didáctico analógico de enlace químico: caracterización de las formas de significar de los estudiantes de educación media.

Ángel Sandoval, M. M. (2018). Diseño de una propuesta de enseñanza para el concepto de enlace químico (Doctoral dissertation).

Argilaga, M. T. A. (1995). La observación participante. Aguirre, AB Etnografia: metodología cualitiva em la investigación socio cultural, 73-83.

Asencios, C. A. O., Trujillo, L. A., & Chávez, F. A. (2022). El papel de los modelos en la enseñanza de las ciencias naturales. Revista Inclusiones, 130-146.

Barquín, M., Quiñoa, G., & Zambon, A. A. El modelo atómico de Lewis: Consideraciones epistemológicas y aplicaciones didácticas. Jornadas de Epistemología e Historia de la Ciencia, 98-111.

Bindernagel, J. A., & Eilks, I. (2008, October). Modelle und Modelldenken im Chemieunterricht und ein Einblick in das Verständnis von erfahrenen Chemielehrkräften. In CHEMKON: Forum für Unterricht und Didaktik (Vol. 15, No. 4, pp. 181-186). Weinheim: WILEY- VCH Verlag.

Boo, H. K. (1998). Students' understandings of chemical bonds and the energetics of chemical reactions. Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, 35(5), 569-581.

Bray, W. C., & Branch, G. E. (1913). VALENCE AND TAUTOMERISM. Journal of the American Chemical Society, 35(10), 1440-1447.

Canales Gili, E. (2005). Tratado de Amiens, 1802.

Campanario, J. M., & Otero, J. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de Ciencias. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 155-169.

Castro, E. A. (1992). El empleo de modelos en la enseñanza de la química. Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas, 10(1), 73-79.

Chamizo, J. A. (1991) El mundo de John Dalton. Educación Química, 3(1), 42-45.

Chamizo, J. A., Cruz-Garritz, D., & GARRITZ, A. (1991). Un Enfoque Químico. Addison-Wesley Iberoamericana: USA.

Chamizo, J. A. (2006). Los modelos de la química. Educación química, 17(4), 476-482.

Chamizo, J. A. (2009). Filosofía de la química: I. Sobre el método y los modelos. Educación química, 20(1), 6-11.

Chamizo, J. A. C. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias, 7(1), 26-41.

Corredoira, M. L. (2021). John Dalton, pionero del atomismo científico. In La cosmovisión de los grandes científicos del siglo XIX: convicciones éticas, políticas, filosóficas o religiosas de los protagonistas del siglo de la ciencia (pp. 85-95). Tecnos

Cortés, M. E., & Iglesias León, M. (2004). Generalidades sobre Metodología de la Investigación. Universidad Autónoma del Carmen.

Cubillos, A. G., Poveda, G. F. M., & Villaveces, C. J. L. (1989). Hacia Una Historia Epistemológica de la Química.

Dalton, J. (1810). A new system of chemical Philosophy (Vol. 2). S. Russell.

De Colombia, C. P. (1991). Constitución política de la República de Colombia.

De Educación, L. G. (1994). Ley 115 febrero 8 de 1994. Ley de educación General.

De Posada, J. M. (1999). Concepciones de los alumnos sobre el enlace químico antes, durante y después de la enseñanza formal. Problemas de aprendizaje. Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas, 17(2), 227-245.

De Jong, O., & Taber, K. (2007). The many faces of teaching and learning chemistry. Abell, S & Lederman, (2007).

Diéguez, A. J. (1995). Realismo y antirrealismo en la discusión sobre la existencia de los átomos. Philosophica Malacitana, 8, 49-65.

Driver, R., & Scott, P. H. (1996). Curriculum development as research: A constructivist approach to science curriculum development and teaching. Improving teaching and learning in science and mathematics, 94-108.

Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. International journal of science education, 25(6), 671-688.

Felipe, G., & Esther, M. (2018). El enlace químico en la educación secundaria. Estrategias didácticas que permitan superar las dificultades de aprendizaje.

Fernández Nistal, M. T., Pérez Ibarra, R. E., Peña Boone, S. H., & Mercado Ibarra, S. M. (2011). Concepciones sobre la enseñanza del profesorado y sus actuaciones en clases

de ciencias naturales de educación secundaria. Revista mexicana de investigación educativa, 16(49), 571-596.

Falk, K. G., & Nelson, J. M. (1910). THE ELECTRON CONCEPTION OF VALENCE. Journal of the American Chemical Society, 32(12), 1637-1654.

Frankland, E. (1853). XL. On a new series of organic bodies containing metals. The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, 5(32), 239-258.

Friedrich, F. J. (2011). Las huellas de la química en la historia. Año internacional de la química.

Gagliardi, R., & Girodan, A. (1986). La historia de las ciencias: una herramienta para la enseñanza. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 253-258.

Galagovsky, L. R., & Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. enseñanza de las Ciencias. revista de investigación y experiencias didácticas, 19(2), 231-242.

Galagovsky, L. R., Rodríguez, M. A., Stamati, N., & Morales, L. F. (2003). Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de ciencias naturales. Un ejemplo para el aprendizaje de concepto de" reacción química" a partir del concepto de" mezcla". Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 107-121.

Gallego Badillo, R., Pérez Miranda, R., Uribe Beltrán, M. V., Cuéllar Fernandez, L., & Amador Rodríguez, R. Y. (2004). El concepto de valencia: su construcción histórica y epistemológica y la importancia de su inclusión en la enseñanza. Ciência & Educação, 10(03), 571-583.

Galvis-Jácome, M. (2022). Uso del lenguaje coloquial como estrategia didáctica para la enseñanza y el aprendizaje situado de la química en el contexto socioeducativo rural. Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad, 14(27), e2180-e2180.

Garcés, S., Herrera, A., & Velázquez, L. (2008). La búsqueda. Ideas previas en el nivel universitario: evolución y persistencia. Hacia un cambio conceptual del enlace químico. Propuesta constructivista para mejorar el aprendizaje en bachillerato y licenciatura, 37-58.

García Franco, A., & Garritz Ruiz, A. (2006). Desarrollo de una unidad didáctica: el estudio del enlace químico en el bachillerato. Enseñanza de las Ciencias, 24(1), 111-124.

García-Martínez, Á., Hernández-Barbosa, R., & Abella-Peña, L. (2018). Design trabalho de aula: um processo fundamental para a profissionalização da ação docente. Revista científica, (33), 316-331.

García-Martínez, J. (2019). Controversies, compromises and the common chemical language. Nature Chemistry, 11(10), 853-856.

García-Ruiz, A. B. (2019). Propuesta didáctica para la enseñanza del enlace químico en 4º eso.

Garritz, A., & Rincón, C. (1997). Valencia y número de oxidación. Corolario para docentes. Revista Educación Química, 8(3).

Gómez Llombart, V., & Gavidia Catalán, V. (2015). Describir y dibujar en ciencias. La importancia del dibujo en las representaciones mentales del alumnado. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 2015, vol. 12, núm.. 3, p. 441-455.

González, A. M. (2006). Atomismo versus Energetismo: Controversia científica a finales del siglo XIX. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 411-428.

González-Felipe, M. E., Aguirre-Pérez, C., Fernández-Cézar, R., & Vázquez-Moliní, A. M. (2018). Concepciones alternativas de los alumnos de educación secundaria sobre el enlace químico. Didácticas Específicas.

Guevara, M., & Valdez, R. (2004). Los modelos en la enseñanza de la Química. Algunas de las dificultades asociadas a su enseñanza ya su aprendizaje. Educación química, 15(3), 243-247.

Guilar, M. E. (2009). Las ideas de Bruner: de la revolución cognitiva a la revolución cultural. Educere, 13(44), 235-241.

Hernández-Garcés, A., Lau-González, M., Grueiro-Cruz, I., Avilés-Rodríguez, E., Jauregui-Haza, U., & Guzmán-Martínez, F. (2016). Implementación del uso de mapas conceptuales en la química orgánica a través de seminarios. Revista Cubana de Química, 28(2), 572-578.

Irles, M. G., Ortells, J. S., de la Calle, F. M., & De la Sen Fernández, M. L. (2011). La rúbrica de evaluación como herramienta de evaluación formativa y sumativa. IX Jornades de xarxes d'investigació en docència universitària: Disseny de bones pràctiques docents en el context actual, 144.

Izquierdo Aymerich, M., Bonil, J., Pujol Villalonga, R. M., & Espinet, M. (2004). Ciencia escolar y complejidad. Revista Investigación en la Escuela, 53, 21-29.

Jensen, W. B. (1984). Abegg, Lewis, Langmuir, and the octet rule.

Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. Journal of computer assisted learning, 7(2), 75-83.

Jorba, J., Gómez, I., & Prat, À. (Eds.). (2000). Hablar y escribir para aprender: uso de la lengua en situación de enseñanza-aprendizaje desde las áreas curriculares. Editorial Síntesis.

Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas.

Karmiloff-Smith, A. (1992). Beyond modularity: A developmental approach to cognitive science.

Kossel, W. (1916). Über molekülbildung als frage des atombaus. Annalen der Physik, 354(3), 229-362.

Laidler, K. J. (2018). Historia de la electrólisis. Educación Química, 1(3), 128-132

Langmuir, I. (1919). The arrangement of electrons in atoms and molecules. Journal of the American Chemical Society, 41(6), 868-934.

Lewis, G. N. (1916). The atom and the molecule. Journal of the American Chemical Society, 38(4), 762-785.

Lewis, G. N. (1923). Valence and the Structure of Atoms and Molecules (No. 14). Chemical Catalog Company, Incorporated.

Lorenzo, M. G. (2021). Escribir y hablar en química ¿Quimiqués o símbolos para construir conocimiento?. Revista Enseñanza de Química.

Lozano, D. L. P., Pérez, L. F. M., & Penagos, W. M. M. (2008). Estructura histórica y epistemológica sobre la teoría de valencia: una contribución para la enseñanza de la química. Memorias del 11° Seminario Nacional de Historia da Ciencia y de Tecnología, 1-16.

Markic, S., & Childs, P. E. (2016). Language and the teaching and learning of chemistry. Chemistry Education Research and Practice, 17(3), 434-438.

Martha, D., Sousa, V. D., & Mendes, I. A. C. (2007). Revisión de los diseños de investigación relevantes para la enfermería: parte 3: métodos mixtos y múltiples. Revista Latino-Americana de Enfermagem, 15, 1046-1049.

Martínez, L. F., & Caballero, M. F. M. (2005). LA QUÍMICA COMO UN PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Un ejemplo a través de la teoría de Lewis. Tecné, Episteme y Didaxis: TED, (17), 93-103.

Martínez Tejada, M. (2018). Innovando en la enseñanza de las diferentes teorías que explican el enlace químico.

Muñoz, J. A. E., Vergara, A. N. C., & Parga, D. L. (2021). habilidades de pensamiento crítico y modelos en los TPL para la enseñanza de la química en educación media: una revisión. Tecné, Episteme y Didaxis: TED, 3059-3071.

Municio, J. I. P., & Crespo, M. Á. G. (1998). Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. Ediciones Morata.

Ordenes, R., Arellano, M., Jara, R., & Merino, C. (2014). Representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. Educación química, 25(1), 46-55.

Ordoñez Acosta, C. F. (2016). Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto enlace químico. Departamento de Matemáticas y Estadística.

Orozco, J. C. (1999). La teoría atómica y el debate sobre la naturaleza de la materia en inmediaciones del siglo XIX. ResearchGate.

Pozo, J. I., Scheuer, N., Mateos, M., & Pérez Echeverría, M. D. P. (2006). Las teorías implícitas sobre el aprendizaje y la enseñanza. Nuevas formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje. Las concepciones de profesores y alumnos, 12, 29-54.

Reiners, C. S., & Saborowski, J. (2017). Auf dem Weg zum Chemieunterricht. In Chemie vermitteln (pp. 91-146). Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg.

Roa Ordóñez, H. (2014). Teorías implícitas y explícitas en los procesos de enseñanza y aprendizaje del solfeo. Civilizar Ciencias Sociales y Humanas, 14(26), 177-188.

Rodríguez-Gallego, M. R. (2014). Evidenciar competencias con rúbricas de evaluación. EA, Escuela Abierta, 17, 117-134.

Scerri, E. (2019). The periodic table: its story and its significance. Oxford University Press.

Serna, N. (2020). Enseñanza y aprendizaje del concepto de enlace químico en estudiantes de básica secundaria rural (Doctoral dissertation, Tesis de Magister, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio institucional-Universidad Nacional. https://bit. ly/3PAZgzg).

Taber, K. (1994). Malentendido el enlace iónico. Educación en Química, 31, 100-103

Tomasi, J. (1999). Towards 'chemical congruence'of the models in theoretical chemistry. International Journal for Philosophy of chemistry, 5(2), 79-115.

Villamañán, R. M., Chamorro, C., Mondéjar, M. E., & Delgado-Iglesias, J. (2013). Aprendizaje de la Química a partir de problemas planteados en el contexto de la industria azucarera con enfoque CTS. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, (Extra), 3726-3731.

Williams Pinto, S. (2021). Las representaciones usadas en los libros de texto para la enseñanza del enlace químico. Análisis semiótico de la unidad de enlace químico en los libros de texto e intervención didáctica en estudiantes de Educación Media en Chile.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRICES BIBLIOGRÁFICAS PARA LA REVISÓN DOCUMENTAL DE LOS ANTECEDENTES

Ficha (N.º)	***1***
Base de datos consultada	Revistas UNAM, Portal de revistas académicas y arbitradas de la Universidad Nacional Autónoma de México
Palabras clave / descriptores	
Idioma	Español
Título del artículo	Los modelos de la química
Título de la Revista/ página web	Educación química, Naturaleza de la ciencia o quimotrivia rejecta, *ISSN-e: 1870-8404*
Autor(es)	José Antonio Chamizo
Año de publicación	2006
Número de la revista	Número 4
Volumen de la revista	Volumen 17
Página o rango de páginas en que se encuentra el artículo dentro de la revista:	476-482
Enlace	https://www.revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/66030 **DOI:** 10.22201/fq.18708404e.2006.4.66030
Fecha de consulta	Consultado el 28 de Noviembre de 2022.
Resumen	El artículo abarca la importancia del uso de modelos en la enseñanza de la química. El lugar preciso y el significativo. Se analiza el significado de los modelos en la comprensión integral de los fenómenos químicos. Alguna clasificación los esquemas se dan junto con ejemplos ilustrativos de cada categoría.

Ficha (N.º)	***2***
Base de datos consultada	Dialnet
Palabras clave / descriptores	Modelos – Abstracción – Comunidad educativa – Operaciones mentales
Idioma	Español
Título del artículo	EL PAPEL DE LOS MODELOS EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES

Título de la Revista/ página web	Revista Inclusiones
Autor(es)	Dr. Christian Andrés Obispo Asencios, Dra. Lucia Asencios Trujillo, Dr. Felipe Aguirre Chávez
Año de publicación	2022
Número de la revista	Número 2
Volumen de la revista	Volumen 9
Página o rango de páginas en que se encuentra el artículo dentro de la revista	130-146
Editor	Cuadernos de Sofía
Enlace	ISSN 0719-4706 - Volumen 9 / Número 2 / Abril – Junio 2022 pp. 130-146
Fecha de consulta	Consultado el 30 de noviembre de 2022.
Resumen	El trabajo que se muestra a continuación tiene como objetivo dar a conocer a la comunidad educativa, la importancia de los modelos como imprescindibles aliados del proceso docente educativo, específicamente en el aprendizaje de las ciencias en cualquier nivel de enseñanza. Lo anterior se apoya en que, durante el desarrollo histórico lógico del conocimiento del hombre y su evolución, a medida que el pensamiento concreto fue desarrollándose hasta que el ser humano incorporó la abstracción a sus operaciones mentales, surgieron las comparaciones tangibles para a partir de ellas, darle cuerpo a los fenómenos y hechos que fueron engrosando su conocimiento de la realidad objetiva en diversas ramas del saber humano. En este desarrollo, el acto de enseñar y aprender también incorporó modelos para que mediante su proceso lógico pudiera aprovecharlos de forma consecuente y productiva. De ahí que en el presente ensayo se muestren clasificaciones y ejemplos que puedan resultar de aporte en el plano didáctico, para que las clases sean más ricas tanto en el aspecto pedagógico como en el científico, ambos de manera articulada.

Ficha (N.º)	***3***
Base de datos consultada	ORCID
Palabras clave / descriptores	Lenguaje químico; Historia de la química
Idioma	Español
Título del artículo	Escribir y hablar en química ¿Quimiqués o símbolos para construir conocimiento?

Título de la Revista/ página web	Revista Enseñanza de Química
Autor(es)	María Gabriela Lorenzo
Año de publicación	2021
Número de la revista	Número 1
Volumen de la revista	Volumen 4
Página o rango de páginas en que se encuentra el artículo dentro de la revista:	8-24
Enlace	https://orcid.org/0000-0002-9957-8392 DOI:10.53932
Fecha de consulta	Consultado el 10 de diciembre de 2022.
Resumen	En este trabajo se presenta un análisis reflexivo sobre la importancia del lenguaje químico en la construcción de conocimiento químico y sobre los circuitos comunicativos de los que forma parte. Se recorren algunos de los múltiples aspectos del lenguaje de la química para intentar comprender muchas de las dificultades de aprendizaje de nuestros estudiantes con el fin de reflexionar sobre diversas formas de enseñanza.

Ficha (N.º)	***4***
Base de datos consultada	Wiley online library
Palabras clave / descriptores	Modelle - Modelldenken - Lehrerbildung
Idioma	Alemán
Título del artículo	Modelle und Modelldenken im Chemieunterricht und ein Einblick in das Verständnis von erfahrenen Chemie Lehrkräften
Título de la Revista/ página web	Revista Chemkon
Autor(es)	Janina A. Bindernagel und Ingo Eilks
Año de publicación	2008
Número de la revista	Número 2
Volumen de la revista	Volumen 15
Página o rango de páginas en que se encuentra el artículo dentro de la revista	157-203

Editor	Gesellschaft Deutscher Chemiker
Enlace	https://doi.org/10.1002/ckon.200810081
Fecha de consulta	Consultado el 15 de diciembre de 2022.
Resumen	La adquisición de conocimientos es una de las cuatro competencias de los estándares educativos. Sin duda, esta competencia también incluye una aproximación reflexiva a los modelos científicos y el proceso de modelado. Pero los modelos también se vuelven utilizados para la comunicación de la química y están antes de evaluar el trasfondo de su poder explicativo. Por eso los modelos y el modelado forman pilares muy importantes de competencias relacionadas con el proceso. La presente publicación retoma la discusión sobre los modelos y el pensamiento modelo en las lecciones de química y resume algunas investigaciones actuales y mensajes de discusión juntos. Se intenta eliminar las líneas divisorias poco claras cuando se discuten los modelos y modelo de pensamiento, así como la importancia de un reflejo para elaborar un concepto modelo para las lecciones de química. Esto se combina con los resultados de un estudio de caso de un proyecto de aprendizaje basado en la investigación sobre el uso del concepto modelo por profesores de química experimentados en sus reflexiones sobre los propios conceptos didácticos.
Resultados de la revisión analítica del documento	

Ficha (N.º)	***5***
Base de datos consultada	Springer Link
Palabras clave / descriptores	Wissenstransformation, Modelle
Idioma	Alemán
Título del artículo	Auf dem Weg zum Chemieunterricht
Título de la Revista/ página web	In *Chemie vermitteln*
Autor(es)	Dr. Christiane S. Reiners und Dr. Jörg Saborowski
Año de publicación	2017

Número de la revista	Capítulo 4
Volumen de la revista	N/A
Página o rango de páginas en que se encuentra el artículo dentro de la revista	91-146
Editor	Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg
Enlace	https://doi.org/10.1007/978-3-662-52647-7_4
Fecha de consulta	Consultado el 15 de diciembre de 2022.
Resumen	El objetivo de la transformación del conocimiento en el aula es que los docentes puedan diseñar y reflexionar sobre entornos de aprendizaje preparados de manera didácticamente adecuada. En las lecciones de química, existen medios y métodos específicos que son adecuados para presentar y estructurar el contenido de aprendizaje. Aunque el repertorio de medios es cada vez más amplio como resultado del desarrollo de tecnologías de la información innovadoras, no puede disminuir la importancia de los medios básicos centrales, como el lenguaje técnico, los experimentos y los modelos. Sobre la base de la distinción entre los métodos de adquirir conocimiento (cf. Capítulos 2 y 3) y los métodos de comunicar conocimiento (Capítulo 4), la variedad de perspectivas del término "métodos" puede limitarse en consecuencia. A lo largo de su rango, es posible subdividir aún más los métodos de transmisión de conocimiento, comenzando con métodos integrales y terminando en pasos concretos.

Ficha (N.º)	***6***
Base de datos consultada	Revistas ITM
Palabras clave / descriptores	Aprendizaje situado, expresión coloquial, química en contexto, secuencia didáctica
Idioma	Español
Título del artículo	Uso del lenguaje coloquial como estrategia didáctica para la enseñanza y el aprendizaje situado de la química en el contexto socioeducativo rural
Título de la Revista/ página web	Revista Trilogía
Autor(es)	Magaly Galvis-Jácome
Año de publicación	2022
Número de la revista	Número 17
Volumen de la revista	Volumen 14

Página o rango de páginas en que se encuentra el artículo dentro de la revista	1-20
Editor	Mariana Tafur Arciniegas, Universidad de los Andes (*Colombia*)
Enlace	https://doi.org/10.22430/21457778.2180
Fecha de consulta	Consultado el 20 de diciembre de 2022.
Resumen	Poner la química en contexto comprende una de las estrategias pedagógicas para facilitar su proceso de enseñanza y aprendizaje al establecer conexiones entre los conceptos propios de la asignatura y aspectos de la vida cotidiana. El presente artículo muestra una revisión sobre la forma en que otros autores han abordado la enseñanza contextualizada de las ciencias desde sus entornos, describiendo, a su vez, una experiencia pedagógica ejecutada en el marco de una secuencia didáctica que fue aplicada en el contexto socioeducativo rural de los estudiantes del Colegio Ecológico de Floridablanca (Santander), con la intención de estudiar los principios de la química en un ámbito real y teniendo como eje articulador, el lenguaje coloquial. Los datos obtenidos mediante observación, dan cuenta que el análisis de la expresión «somos como agua y aceite», encaminó a los estudiantes de una forma práctica hacia el estudio y comprensión de los conceptos de tipos de enlace químico, principios de solubilidad y densidad. De este modo, el lenguaje coloquial constituye una herramienta potencializadora para la enseñanza y el aprendizaje situado de las ciencias que posibilita la articulación entre los nuevos conocimientos y aspectos propios del entorno en el cual se desarrolla el proceso educativo.

Ficha (N.º)	*7*
Base de datos consultada	DIGIBUG: Repositorio Institucional de la Universidad de Granada
Palabras clave / descriptores	Enlace Químico, representaciones semióticas, intervención didáctica
Idioma	Español
Título de tesis	Las representaciones usadas en los libros de texto para la enseñanza del enlace químico. Análisis semiótico de la unidad de enlace químico en los libros de texto e intervención didáctica en estudiantes de Educación Media en Chile
Título de la Revista/ página web	https://repositorioinstitucional.buap.mx/
Autor(es)	Sandra Williams Pinto
Año de publicación	2021
Número de la revista	N/A
Volumen de la revista	N/A

Página o rango de páginas en que se encuentra el artículo dentro de la revista	1-320
Editor	Universidad de Granada
Enlace	URI: http://hdl.handle.net/10481/66647 ISBN: 9788413067636
Fecha de consulta	Consultado el 21 de diciembre de 2022.
Resumen	En esta investigación se presentará una indagación acerca de la enseñanza y aprendizaje del enlace químico y las representaciones semióticas dadas en este contenido, tema en el cual son abundantes los conceptos que se relacionan con este tipo de representaciones.

Ficha (N.º)	***8***
Base de datos consultada	Repositorio UAM
Palabras clave / descriptores	Enseñanza/Aprendizaje de la Química, enlace químico, concepciones alternativas.
Idioma	Español
Título de la revista	CONCEPCIONES ALTERNATIVAS DE LOS ALUMNOS DE EDUCACIÓN SECUNDARIA SOBRE EL ENLACE QUÍMICO
Título de la Revista/ página web	Didácticas específicas
Autor(es)	M. Esther González-Felipe, Constancio Aguirre-Pérez, Raquel Fernández-Cézar y Ana María Vázquez-Moliní
Año de publicación	2021
Número de la revista	Número 18
Volumen de la revista	N/A (Revista electrónica)
Página o rango de páginas en que se encuentra el artículo dentro de la revista	26-44
Editor	Departamento de didácticas específicas UAM
Enlace	Didácticas Específicas, ISSN: 1989-5240 26 www.didacticasespecificas.com
Fecha de consulta	Consultado el 21 de diciembre de 2022.

Resumen	En el presente trabajo se analizan las concepciones alternativas de los alumnos de 4º curso de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y 1º de Bachillerato sobre el enlace químico. Para ello se procedió a la administración de un cuestionario a 101 alumnos de ambos cursos. Los resultados muestran que, a pesar de que hay matices diferenciales entre ambos cursos, en los dos casos, los alumnos presentan dificultades para relacionar los niveles macro y micro de la química, y, por tanto, para llegar a comprender y relacionar las propiedades macroscópicas de las sustancias con el tipo de unión que presentan las partículas (átomos, iones y moléculas) a nivel microscópico.
Resultados de la revisión analítica del documento	

Ficha (N.º)	***9***
Base de datos consultada	DIALNET
Palabras clave / descriptores	Enlace Químico, conocimientos previos, interpretación
Idioma	Español
Título de la revista	Innovando en la enseñanza de las diferentes teorías que explican el enlace químico
Título de la Revista/ página web	Jornadas de Formación e Innovación Docente del Profesorado
Autor(es)	Marcela Martínez Tejada
Año de publicación	2018
Número de la revista	Número 1
Volumen de la revista	N/A
Página o rango de páginas en que se encuentra el artículo dentro de la revista	1230-1248
Editor	Universidad de Sevilla
Enlace	
Fecha de consulta	Consultado el 21 de diciembre de 2022.

Resumen	En la presente comunicación se desarrolla una experiencia de innovación docente en la explicación del enlace químico por diferentes teorías. El modelo pedagógico implementado se basó en la interpretación y discusión en grupo de las diferentes teorías que explican el enlace entre los átomos. Se partió de los conocimientos previos de los estudiantes para saber redirigir la enseñanza hacia aquellos contenidos de menor comprensión y dificultad para los alumnos. Estas ideas previas sirvieron para establecer conceptos específicos iniciales, para que a través de procesos pedagógicos inductivos y con la ayuda de las tecnologías de la comunicación y la información, fueran capaces de llegar al conocimiento del concepto final planteado. La experiencia fue gratificante y motivadora para los estudiantes y para la docente. Los alumnos fueron capaces de establecer relaciones entre el conocimiento previo, el adquirido y el desarrollado durante la experiencia

Ficha (N.º)	***10***
Base de datos consultada	Biblioteca Digital UniValle
Palabras clave / descriptores	Enlace Químico, conocimientos previos, interpretación
Idioma	Español
Título de tésis	DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE ENSEÑANZA PARA CONCEPTO DE ENLACE QUÍMICO
Título de la Revista/ página web	Maestría en educación - énfasis en enseñanza de las ciencias [71]
Autor(es)	Maria Milena Angel Sandoval
Año de publicación	2019
Número de la revista	N/A
Volumen de la revista	N/A
Página o rango de páginas en que se encuentra el artículo dentro de la revista	1-127
Editor	Universidad del Valle
Enlace	**URI:** http://hdl.handle.net/10893/12765
Fecha de consulta	Consultado el 21 de diciembre de 2022.
Resumen	El presente trabajo es una tesis de maestría en la modalidad de profundización, que pretende contribuir en dar respuesta al problema existente en la escasa fundamentación que tienen los diseños de la enseñanza de las ciencias naturales y más específicamente en la química. Para lograr lo anterior se desarrolló una metodología cualitativa que se centró en el diseño de una propuesta de enseñanza

	coherente que articula los aportes del campo de la educación en ciencias con las necesidades del contexto educativo para la enseñanza del concepto de enlace químico.

Ficha (N.º)	***11***
Base de datos consultada	Revistas UCA
Palabras clave / descriptores	Dibujo; representaciones mentales; procesos observacionales; hormigas; enseñanza de las ciencias; modelos mentales.
Idioma	Español
Título de la revista	Describir y dibujar en ciencias. La importancia del dibujo en las representaciones mentales del alumnado.
Título de la Revista/ página web	*Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*
Autor(es)	Víctor Gómez Llombart y Valentín Gavidia Catalán
Año de publicación	2015
Número de la revista	Número 3
Volumen de la revista	12
Página o rango de páginas en que se encuentra el artículo dentro de la revista	441-455
Editor	Editorial UCA
Enlace	DOI:http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i3.04 http://reuredc.uca.es
Fecha de consulta	Consultado el 21 de diciembre de 2022.
Resumen	El presente trabajo pretende valorar los resultados obtenidos mediante la utilización del dibujo y de las descripciones a lo largo de una actividad basada en la observación de la morfología de las hormigas. Se plantea un trabajo individual y autónomo donde los participantes, en 3 etapas diferentes, deben tratar de dibujar o describir su observación de muestras vivas de hormigas. Los resultados de la investigación son muy significativos, puesto que encontramos diferencias estadísticas entre la utilización de las dos estrategias, así como entre las producciones de cada etapa, pudiendo ver cómo evolucionan sus representaciones mentales. Evidenciamos, de esta manera, que la estrategia de dibujar mejora los resultados en procesos observacionales respecto a la tarea de describir, especialmente en la adquisición de información y en su comunicación.

ANEXOS 2: ACTIVIDADES DE LA UNIDAD DIDÁCTICA

ANEXO 2.1

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

COLEGIO NACIONAL NICOLÁS ESGUERRA

Unidad didáctica: Los Enlaces químicos: Una mirada histórica de Gilbert Newton Lewis desde sus modelos y representaciones

2023

*Nombre:*_____ *Curso:*____ *Fecha:*_____

ACTIVIDAD DE EXPLORACIÓN DE IDEAS PREVIAS

Viaje de exploración: recorrido por los conceptos básicos para entender los modelos de enlace químico

Responda las siguientes preguntas teniendo en cuenta sus consideraciones personales de acuerdo a los temas que se le presentan.

1) Responder:

¿Qué entiende por elemento químico?:

_____

_____

_____.

¿Qué entiende por enlace químico?:

_____

_____

_____.

¿Qué entiende por compuesto químico?:

_____

_____

_____.

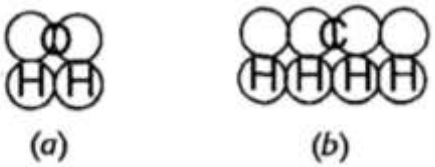
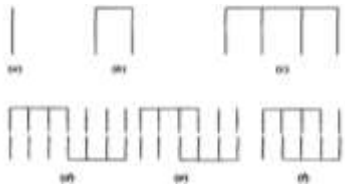
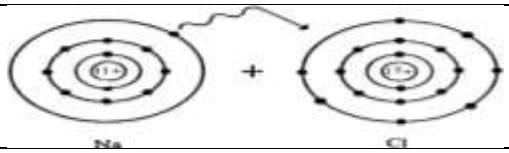
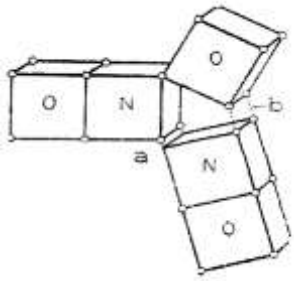
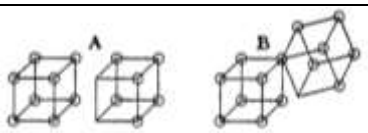
¿Qué entiende por molécula?:

_____

_____

_____.

2) De acuerdo a las siguientes imágenes mencione que características, semejanzas y diferencias tienen entre sí:

Imagen	*Características, semejanzas y diferencias*
	
	
	
	
	

3) Por medio de un dibujo represente lo que piensa que es un enlace químico.

4) Por medio de un dibujo represente lo que piensa que es un enlace químico desde un ejemplo de su cotidianidad.

ANEXO 2.2

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

COLEGIO NACIONAL NICOLÁS ESGUERRA

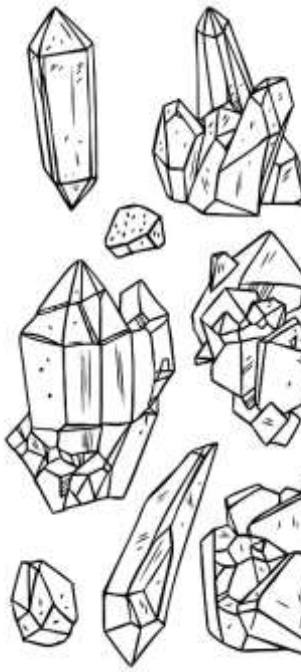
Unidad didáctica: Los Enlaces químicos: Una mirada histórica de Gilbert Newton Lewis desde sus modelos y representaciones

2023

*Nombres:*_____ *Curso:*____ *Fecha:*_____

GUÍA DE LABORATORIO: CRISTALOGRAFÍA PRIMERA PARTE

Objetivo: Preparar cristales de azúcar y sal mediante los cuales se puedan identificar sus formas estructurales, a su vez que se analizan los procesos llevados a cabo en el desarrollo del laboratorio.



Materiales:

- Un pedazo de cordel delgado.
- Un palo de paleta.
- Una taza de agua.
- Dos tazas de azúcar.
- Un frasco de vidrio.
- Colorante artificial.
- Agitador o cuchara.
- Sal de cocina.
- Azúcar.

Procedimiento:

1. Ata un extremo del cordel al centro de un palo de helado o lápiz.
2. Luego, coloca el palo de helado o lápiz sobre la parte superior del frasco de modo que el hilo cuelgue en el centro del frasco. Asegúrate de que no esté tocando el fondo del frasco, pero sí déjalo que esté cerca. También asegúrate de que no esté tocando las paredes del tarro. Si cuelga demasiado y toca el fondo, sólo tienes que enrollar el cordel alrededor del lápiz unas cuantas veces para acortarlo. El cordel actuará como el andamio sobre el que crecerá el cristal. Ahora que la cuerda y el lápiz ya están preparados, sácalos del tarro y ponlos aparte.
3. La parte siguiente requiere agua muy caliente, así que por favor pide la ayuda de un adulto (si no tienes edad o permiso).

4. Vierte el agua en una olla y llévala a ebullición.
5. Agrega 1/4 taza de azúcar al agua hirviendo y remueve hasta que se disuelva.
6. Repite este paso hasta que todo el azúcar se haya disuelto. Esto llevará un poco de tiempo y paciencia, y cada vez que vayas añadiendo más azúcar, tardará más tiempo que el azúcar se disuelva. Asegúrate de no rendirte demasiado pronto y no dejes de remover hasta ver desaparecer el último grano de azúcar. Si lo consigues estarás haciendo lo que en química se llama una "disolución sobresaturada" o "sobresaturación".
7. Vertir la solución de azúcar caliente en el frasco y lo llene casi por completo hasta el tope. Continúa colocando el lápiz o el palo en la parte superior con la cuenta o el clip dentro del tarro, tal y como lo hiciste antes. Después, deja que el tarro se enfríe antes de cogerlo y colocarlo en un lugar donde no moleste y avisa a todo el mundo de que no lo mueva.
8. Ahora viene la parte más aburrida: toca esperar. Revísalo todos los días para ver cómo empiezan a crecer los cristales, pero ten mucho cuidado de no moverlo. Cuanto más esperes, más grande será. También puedes colocar un filtro de café o una servilleta de papel sobre el tarro para que no se caiga nada dentro.

Análisis de resultados:

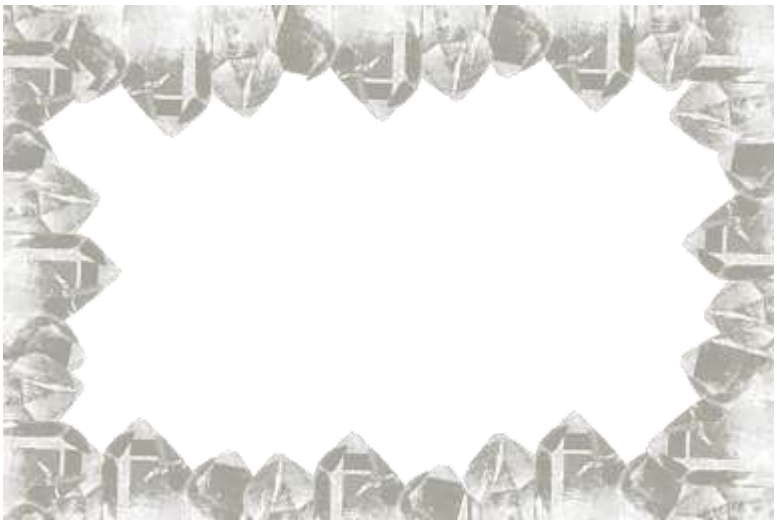
1) Responder después de que se formen los cristales.

¿Por qué se formó un cristal en el extremo del cordel?

¿Qué factores influyen en la formación de los cristales?

¿Qué diferencias o similitudes encuentra entre los cristales preparados? (tiempo, forma, etc.).

2) Dibujar las estructuras geométricas predominantes en la formación de los cristales.



ANEXO 2.3

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
COLEGIO NACIONAL NICOLÁS ESGUERRA

Unidad didáctica: Los Enlaces químicos: Una mirada histórica de Gilbert Newton Lewis desde sus modelos y representaciones

2023

*Nombres:*_____ *Curso:*___ *Fecha:*_____

ACTIVIDAD DE INTRODUCCIÓN DE CONCEPTOS

La odisea del concepto de enlace químico: Rastreando la evolución de un concepto fundamental del siglo XIX al siglo XX

Las primeras nociones de que el enlace químico era de naturaleza eléctrica, fueron resultado de los experimentos de William Nicholson y Antony Carlisle quienes lograron descomponer el agua en hidrógeno y oxígeno mediante el paso de corriente eléctrica (electrólisis). Llegado el año 1868, el químico alemán Karl Hermann Wichelhaus introduce el término de valencia o capacidad de combinación (Barquín, M., Quiñoa, G., & Zambon, A. A., s.f). Según los autores Garritz y Rincón, la valencia terminó convirtiéndose así en un concepto plenamente sentado y que contribuyó a la sistematización de la tabla periódica hacia 1869; 5 años después, en 1874 Jacobus Van´t Hoff y Joseph Le Bel logran resolver el enigma de la isomería óptica planteada por Pasteur, mediante la relación entre la valencia y la estructura molecular, proponen que la tetravalencia del carbono tiene que ver con su geometría tetraedral (1977). Teniendo en cuenta los anteriores aportes, es importante señalar las representaciones que hasta su momento se encontraban entre la comunidad científica, en primer lugar, para Kekulé cada átomo era representado por un círculo si era monovalente, por dos círculos si era divalente y así *sucesivamente*, con dos filas de racimos para cada fórmula.

Por su parte, en 1866 Foster representó la atomicidad mediante un modelo de rayas, allí aparecerían por primera vez las nociones de doble y triple enlace. En 1904 Richard W. H. Abegg describe la "regla de ocho" donde propone que los elementos mostrarían una valencia electropositiva máxima (valencia normal) y una valencia electronegativa máxima (contravalencia) en el que la suma de las dos valencias siempre es igual a ocho. En 1916, Walter Kossel publicó una teoría del enlace polar, la cual era una teoría electrostática del enlace químico, actualizada con el concepto del electrón. Observó la "regla de ocho" al organizar los electrones en grupos concéntricos, cada anillo de electrones tiene un máximo estable de ocho, excepto en el primer caso cuando el máximo es dos (Nye, 1994). Ese mismo año Lewis publica "The atom and the molecule" donde introduce la teoría del par de electrones compartido (Brock, 1993/1998) (véase más adelante). En 1919 Irving Langmuir en el Journal of the American Chemical Society publica un artículo donde dio los nombres "covalente" y "electrovalente" a los enlaces químicos que se distinguen por la partición del par de electrones entre dos átomos, extendiendo conscientemente la teoría de Lewis (Nye, 1994). En 1923 Lewis publica Valence and the structure of atoms and molecules. Para Lewis, las capas atómicas exteriores son mutuamente interpenetrables, de modo que un electrón puede formar parte de una misma capa exterior de dos átomos diferentes y no

podría afirmarse su pertenencia a ninguno de los dos de forma exclusiva. Sin la concepción de Lewis del vínculo de par de electrones compartido, que luego fue utilizado con éxito por los químicos orgánicos, la interpretación de los mecanismos de reacción no habría podido desarrollarse.

Teniendo en cuenta la lectura anterior, desarrollar los siguientes puntos:

1) Responder:

   - ¿Cuál considera que fue el mayor aporte de las investigaciones realizadas durante el siglo XIX?
   - ¿Qué efecto tuvo en la comunidad científica del siglo XX los aportes realizados en el siglo XIX?

2) Según las explicaciones dadas en el aula de clases, realizar ejemplos de compuestos y moléculas con las frutas asignadas previamente para cada grupo.

3) Realizar en grupos una línea del tiempo en el que se evidencien los aportes realizados por los autores de la lectura y complementando con los vistos en la sesión de clase, especificando nombre del autor, año y aporte; adjuntar una representación gráfica a cada fecha que se señale en la línea.

4) Completar el siguiente cuadro comparativo con las características y el dibujo del modelo de los autores que se mencionan allí.

SIGLO XX		
WALTER KOSSEL	IRVING LANGMUIR	GILBERT N. LEWIS

5) Relacione con una línea los siguientes conceptos:

MODELO DE RAYAS	WALTER KOSSEL
MODELO ORBITAL	IRVING LANGMUIR
MODELO DE RACIMOS	GILBERT LEWIS
MODELO CÚBICO	KEKULÉ (1867)
MODELO TETRAÉDRICO	FOSTER

ANEXO 2.4

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

COLEGIO NACIONAL NICOLÁS ESGUERRA

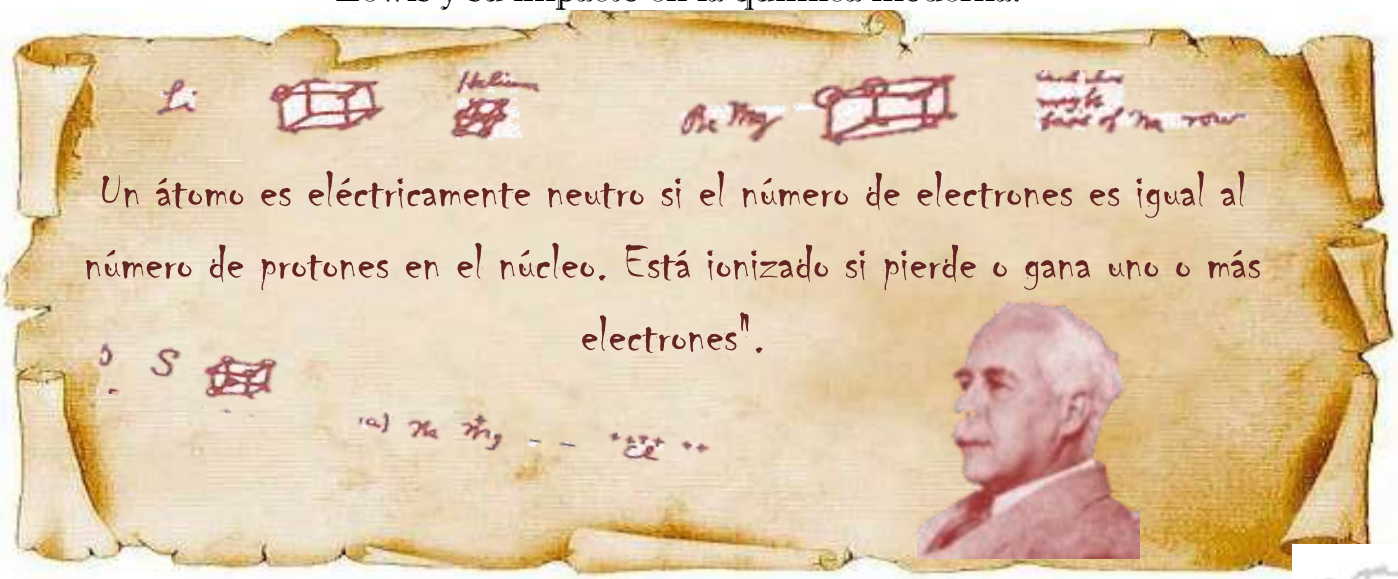
Unidad didáctica: Los Enlaces químicos: Una mirada histórica de Gilbert Newton Lewis desde sus modelos y representaciones

2023

*Nombres:*_____ *Curso:*___ *Fecha:*_____

ACTIVIDAD DE SÍNTESIS

Descubriendo los secretos del enlace químico: el legado de Gilbert Newton Lewis y su impacto en la química moderna.



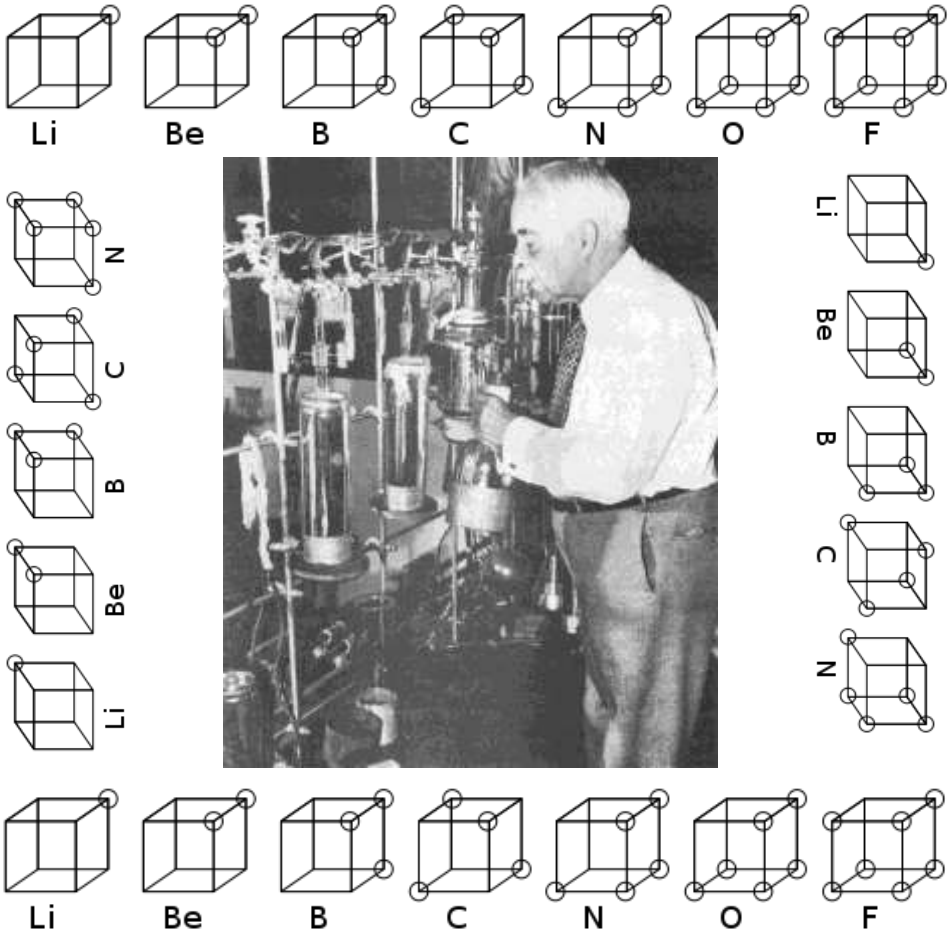
Principalmente las indagaciones realizadas por Gilbert N. Lewis se dieron entre los años 1916 y 1923 acerca de los átomos, las moléculas y la valencia; esta última introducida en el campo científico antes por diferentes autores, donde se resaltan las representaciones gráficas utilizadas por el autor para explicar cada postulado de su modelo cúbico en relación a las propiedades químicas de los elementos, contrario a las explicaciones de las propiedades físicas en investigaciones anteriores. Para ello, Lewis (1916) establece la clasificación de las sustancias químicas entre polares y no polares, bajo la idea de que todas las sustancias inorgánicas tenían características polares (como el cloruro de potasio) y las sustancias orgánicas poseían características no polares (como el metano).

1) Teniendo en cuenta los aportes realizados por Gilbert N. Lewis realizar un mapa conceptual con las principales ideas publicadas en sus trabajos de 1916 y 1923, para dicho fin utilizar lo visto en las sesiones de clase e investigaciones complementarias.

2) Entre los miembros del grupo deberán proponer las posibles estructuras para la molécula de agua, tetracloruro de carbono y el oxígeno, dichas estructuras deben realizarse en un octavo de cartulina para ser expuesto ante sus compañeros de clase.

3) Preparar en los grupos de trabajo un debate en el que defenderán las ideas uno de los tres autores principales para el desarrollo histórico del enlace químico durante el siglo XX que serán establecidos al azar, dichas ideas deben estar fundamentadas en los postulados, semejanzas y diferencias que se encuentren entre los modelos de dicha época.

4) En una cuartilla cada grupo deberá redactar las conclusiones a las que se llegue del debate, manifestando que modelo le parece más pertinente para explicar la unión de elementos para la formación de moléculas y compuestos.


Li
Be
B
C
N
O
F
Li
Be
B
C
N
Li
Be
B
C
N
Li
Be
B
C
N
O
F

ANEXO 2.5

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
COLEGIO NACIONAL NICOLÁS ESGUERRA

Unidad didáctica: Los Enlaces químicos: Una mirada histórica de Gilbert Newton Lewis desde sus modelos y representaciones

*Nombres:*_____ *Curso:*___ *Fecha:*_____

ANEXO ACTIVIDAD DE APLICACIÓN Y TRANSFERENCIA

Dominando la magia molecular: el desafío final del enlace químico a través de los fundamentos de Gilbert Newton Lewis.

¡Felicidades! Están por culminar este largo viaje a través del desarrollo histórico del concepto de enlace químico; sin embargo, aún requerimos de la realización de dos puntos fundamentales para lograr comprender los modelos y representaciones vistos en esta travesía, así como apropiarsen de las discusiones de las que fueron objeto las mismas durante los siglos XIX y XX:

1) Entre el grupo deberán escoger un compuesto y representarlo por medio del modelo cúbico o tetraédrico de Lewis. Esta representación debe ser realizada de la manera más creativa posible, mediante el uso de objetos que les permitan realizar la estructura en 3D como pimpones, bolas de icopor, palillos, frutas, etc. Deberá ser desarrollada en el aula de clases con la participación de todos los miembros del grupo.

2) Teniendo en cuenta lo visto en clase y el debate realizado, deberán generar una dramatización en la cual TODOS los miembros del grupo tengan un rol específico, el objetivo es que por medio de los aprendizajes diseñen un libreto o una historia creada por ustedes para ser representada posteriormente. En esta misma dramatización deberán presentarle a sus compañeros el modelo 3D que crearon, explicando sus partes y relacionándolo con su vida cotidiana.

Con todos los puntos realizados habréis resuelto el enigma que atraviesa la comprensión de los modelos de enlace químico. Kossel, Langmuir y Lewis están orgullosos de su trabajo, ¡Felicidades!