

GRADO DE APRENDIZAJE ALCANZADO POR ESTUDIANTES DE PRIMER SEMESTRE DE LA LICENCIATURA EN CIENCIAS NATURALES SOBRE EL CONCEPTO DE ENLACE QUIMICO, MEDIANTE LA MODELACIÓN A TRAVES DEL SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN ESPACIAL, TIPO CASQUETE DE ESFERA PERFORADA

INGRI MARCELA BARÓN SÁNCHEZ CÓDIGO: 2005104214
DIANA CAROLINA NARVÁEZ TOVAR CÓDIGO: 2005100018

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA
CON ÉNFASIS EN CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL
NEIVA
2009**

GRADO DE APRENDIZAJE ALCANZADO POR ESTUDIANTES DE PRIMER SEMESTRE DE LA LICENCIATURA EN CIENCIAS NATURALES SOBRE EL CONCEPTO DE ENLACE QUIMICO, MEDIANTE LA MODELACIÓN A TRAVES DEL SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN ESPACIAL, TIPO CASQUETE DE ESFERA PERFORADA

INGRI MARCELA BARÓN SÁNCHEZ CÓDIGO: 2005104214
DIANA CAROLINA NARVÁEZ TOVAR CÓDIGO: 2005100018

**Tesis de grado presentada como requisito
parcial para optar al título de Licenciada en Educación Básica
con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental**

**Profesor titular
LUÍS JAVIER NARVÁEZ ZAMORA**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA
CON ÉNFASIS EN CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL
NEIVA
2009**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

A mi padre, Alirio Narváez Pérez, quien me ha brindado apoyo y compañía a lo largo de la vida, a mi madre María Nina Tovar Gutiérrez, que desde el cielo ilumina mi camino, a mis hermanos y sus esposas, sobrinos, a mi tía Elda, a mi madrina Martha Cecilia y a Luis Alberto, quienes con su afecto y amor fraternal han sabido guiarme durante toda mi vida.

A mi madre, Rosa Sánchez, quien me ha brindado apoyo y compañía a lo largo de la vida, a mi padre Orlando Barón Rodríguez, a mis hermanos y hermanas, Dayanna y Felipe, mis sobrinos, a Luis Carlos, quienes con su afecto y amor fraternal han sabido guiarme durante toda mi vida.

Agradecemos al profesor Luis Javier Narváez Zamora, por la confianza, apoyo, y dedicación constante durante la realización del presente trabajo. De igual manera a los estudiantes del primer semestre del Programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental por permitir llevar a cabo la investigación, así como a todas aquellas personas de una u otra forma contribuyeron al desarrollo de este proyecto.

CONTENIDO

	pág.
NOTA DE ACEPTACIÓN _____	3
DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS _____	4
CONTENIDO _____	5
LISTA DE TABLAS _____	9
LISTA DE FIGURAS _____	10
LISTA DE ANEXOS _____	12
INTRODUCCION _____	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA _____	14
1.1 CONTEXTO _____	14
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA _____	15
1.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN _____	15
1.3.1 Hipótesis _____	15
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN _____	16

1.4.1 Objetivo General	16
1.5 JUSTIFICACIÓN	16
1.6 BENEFICIOS ESPERADOS	17
1.7 DELIMITACIÓN Y LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	17
2. MARCO TEORICO	18
2.1 TEORÍA EPISTEMOLÓGICA	18
2.2 TEORÍA PSICOLÓGICA	19
2.3 TEORÍA SOCIAL	20
2.4 DEFINICION DE CONCEPTOS	22
2.4.1 Aprendizaje Significativo	22
2.4.2.1 Tipos de Aprendizaje Significativo:	24
2.4.2 Enlace químico	28
2.4.2.1 Enlace iónico:	30
2.4.2.2. Enlace covalente:	31
2.4.3 Hibridación	32

2.4.3.1 Hibridacion Sp.	32
2.4.3.2 Hibridacion Sp ²	33
2.4.3.3 Hibridacion Sp ³	33
2.4.4 Geometría Molecular.	34
2.4.5 Modelado Molecular	40
2.4.6 Descripción de la estrategia didáctica	44
3. METODOLOGIA	47
3.1 POBLACIÓN Y MUESTRA	47
3.2 PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACIÓN	47
3.2.1 Etapa Preliminar.	48
3.2.2 Etapa de Campo.	50
3.2.3 Etapa de Resultados	50
4. RESULTADOS	53
4.1 ESTRUCTURA COGNOSCITIVA INICIAL DEL GRUPO OBJETO DE ESTUDIO	53
4.2 ESTRUCTURA COGNOSCITIVA FINAL DEL GRUPO OBJETO DE ESTUDIO	56

4.3 DIFERENCIA DE APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO ALCANZADO	60
4.4 PRUEBA DE HIPÓTESIS	61
5. CONCLUSIONES	63
RECOMENDACIONES	65
REFERENCIAS	66

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 2.1 Carácter iónico parcial de enlace y diferencia de electrones de átomos.	29
Tabla 2.2 Tipos de geometría molecular de acuerdo a los pares de electrones	33
Tabla 3.1 Índices de Validez de contenido del cuestionario	44
Tabla 3.2 Cuantificación de las respuestas correspondientes a los conceptos objeto de estudio	46
Tabla 3.3 Cuantificación de las respuestas correspondientes a los conceptos objeto de estudio	46
Tabla 4.1 Estructura cognoscitiva inicial del grupo objeto de estudio.	48
Tabla 4.2 Medidas de tendencia central del pre-test.	50
Tabla 4.3 Estructura cognoscitiva final del grupo objeto de estudio.	51
Tabla 4.4 Medidas de tendencia central del post-test.	53

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 2.1 Representación del aprendizaje sustentable _____	23
Figura 2.2 Representación del aprendizaje significativo. _____	26
Figura 2.3 Representación de los orbitales s y p _____	32
Figura 2.4 Formacion de enlace sigma _____	33
Figura 2.5 Representacion de la hibridacion sp^2 _____	33
Figura 2.6 Representación de la hibridación sp^3 _____	34
Figura 2.7 a. Niveles energía, b. Representación de los orbitales moleculares antienlazante y enlazante. _____	36
Figura 2.8 Orbital s y p, tomado del ACD Labs _____	37
Figura 2.9 Representación de la geometría lineal _____	38
Figura 2.10 Representacion trigonal de la molecula NO_3 _____	38
Figura 2.11 Representación de la geometría tetraédrica. _____	39
Figura 2.12 Contenido del Kit. (Castro P, 2007) _____	41
Figura 2.13 Prominencia, punto de unión de los dos casquetes, _____	42
Figura 2.14 Representación de los ángulos de 35° y 45° , _____	42
Figura 2.15 Representación del ángulo de 60° , tomado de Castro P. (2007) _____	43
Figura 2.16 Representación del ángulo de 110° , tomado de Castro P. (2007) _____	43

LISTA DE GRAFICAS

	pág.
Gráfica 4.1 Grado de significación inicial de los conceptos objeto de estudio	55
Gráfica 4.2 Grado de significación final de los conceptos objeto de estudio.	58
Gráfica 4.3 Diferencia de la estructura cognitiva	60
Gráfica 4.4 Prueba de Hipótesis	61

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A Plan de Evaluación	71
Anexo B Cuestionario	72

INTRODUCCION

La presente tesis surge del resultado de una investigación de naturaleza cuasiexperimental, basada en un enfoque cuantitativo, donde se busca el grado de aprendizaje, de conceptos relacionados con el tema enlace químico, que se desarrolla en el diseño curricular del primer semestre de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental.

La investigación plantea como objetivo principal determinar Cuál es el grado de aprendizaje alcanzado por estudiantes del primer semestre de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, correspondiente al período académico 2009-B sobre el concepto de enlace químico mediante el empleo de la modelación a través del sistema de construcción espacial, tipo casquete de esfera perforada.

Para lograr el objetivo es necesario buscar entre los estudiantes la definición de los conceptos relacionados con el tema de enlace químico mediante el empleo de la estrategia didáctica de la modelación, analizado en el curso de química general del primer semestre, para medir el grado de aprendizaje alcanzado se aplica un cuestionario de 20 ítems, basado en la Escala de Likert, el cual es sometido a una prueba piloto y posteriormente a la determinación de la validez y confiabilidad propuestas por Cohem y Swerdlik (2001^a, 2001b). Este cuestionario una vez optimizado, se aplica para medir la estructura cognitiva inicial y final del grupo objeto de estudio, para así observar si se logra un aumento en el aprendizaje por medio de la estrategia didáctica utilizada.

Los resultados obtenidos del grupo objeto de estudio demuestran en su etapa cognitiva inicial un porcentaje de acierto de 67.86 % sobre los conceptos de enlace químico, una vez ejecutada la estrategia didáctica (modelación), la estructura cognitiva en la etapa final aumenta a 73.63%, es decir se logra un incremento de 5.76% en el manejo de los conceptos sobre enlace químico, superando el 5% planteado por Runyon y Haber (1986), para estas experiencias.

Al comprobar la hipótesis propuesta, por medio de la Prueba Z, se demuestra que el grado de aprendizaje significativo correspondiente al concepto enlace químico alcanzado por el grupo objeto de estudio depende del uso de la modelación, esto permite dar como una alternativa de estrategia didáctica el uso del sistema de construcción espacial, tipo casquete de esfera perforada no solo para la elaboración de conceptos químicos sino también para el manejo de las demás disciplinas científicas.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a la dificultad que se presenta en los estudiantes de todos los niveles escolares en el estudio de la química, surge esta propuesta que plantea el uso de la modelación como estrategia didáctica para lograr un aprendizaje significativo sobre conceptos inherentes al enlace químico. Esta estrategia didáctica busca lograr en los estudiantes además del aprendizaje propuesto, el interés, la motivación por construir su propio conocimiento, partiendo de los preconceptos que ellos poseen en su estructura cognitiva. Además ayuda al docente a guiar de una mejor manera al estudiante para que logre el conocimiento, partiendo siempre de la estructura cognitiva inicial (ideas previas) que él posee, antes de desarrollar los conceptos.

Esta investigación pretende demostrar que el uso de la modelación a través del sistema de construcción espacial, tipo casquete de esfera perforada, es una estrategia didáctica provechosa para lograr un aprendizaje significativo no solo de los conceptos inherentes a enlace químico. Como se ha dicho anteriormente la investigación descansa en el campo del aprendizaje significativo, el cual busca generar un cambio conceptual a partir de los preconceptos con los que cuenta el estudiante antes de resignificar los nuevos conceptos, esta experiencia conlleva a una reestructuración cognitiva donde el autor (estudiante) relaciona los preconceptos con el nuevo conocimiento.

1.1 CONTEXTO

La investigación se lleva a cabo en el Programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, adscrito a la Facultad de Educación de la Universidad Surcolombiana de la ciudad de Neiva, capital del departamento del Huila (Colombia).

La población objeto de estudio esta constituida por estudiantes inscritos para el primer semestre en el curso de química general, correspondiente al periodo académico 2009-B, ya que concierne con el inicio de su formación en la química. La temática escogida (enlace químico) se encuentra ubicada en el microdiseño curricular del curso.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El proyecto de investigación busca establecer el grado de aprendizaje alcanzado por estudiantes del primer semestre de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental sobre el concepto de enlace químico, mediante la modelación a través del sistema de construcción espacial, tipo casquete de Esfera Perforada como material didáctico.

El grado de aprendizaje como variable dependiente, se puede cuantificar mediante el empleo del instrumento (cuestionario) como el pre-test, el cual se emplea para medir inicialmente los conceptos previos al tema; y el pos-test pretende determinar el proceso evolutivo en la construcción de conceptos por parte del estudiante.

1.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

La investigación, dada su naturaleza cuasiexperimental, debido a que la variable dependiente (aprendizaje) no se puede medir fácilmente, gira entorno de la siguiente pregunta:

¿Cuál es el grado de aprendizaje alcanzado por estudiantes del primer semestre de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental sobre el concepto de enlace químico, mediante la modelación a través del sistema de construcción espacial, tipo casquete de esfera perforada?

1.3.1 Hipótesis

El grado de aprendizaje alcanzado por estudiantes del primer semestre de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental sobre el concepto de enlace químico, **depende** del uso de la modelación a través del sistema de construcción espacial, tipo casquete de esfera perforada.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo General

Determinar cuál es el grado de aprendizaje alcanzado por estudiantes del primer semestre de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental sobre el concepto de enlace químico, mediante de la modelación a través del sistema de construcción espacial, tipo casquete de esfera perforada

1.5 JUSTIFICACIÓN

Hoy en día, la educación busca la manera de mejorar el grado de aprendizaje y lograr la formación de una persona integra con capacidad de contribuir y entender el mundo que lo rodea. Desde el aula de clase se debe motivar el desarrollo cognitivo del individuo, por tal motivo se observa como las estrategias didácticas y metodológicas toman auge en la educación, debido a que estimula al individuo en su totalidad (mente y cuerpo), dejando de lado la enseñanza tradicional donde la base del aprendizaje es el maestro y no el alumno.

El problema de investigación surge a partir del interés por generar en los futuros maestros, un cambio en la forma cómo se enseñan las ciencias de la naturaleza, partiendo del uso de estrategias didácticas como el sistema de construcción espacial tipo casquete de esfera perforada, como medio para entender temas sobre enlace químico; razón por la cual se elige como grupo de objeto de estudio a los estudiantes del primer semestre, quienes están iniciando la formación como maestros.

El uso de este material didáctico contribuye a lograr un aprendizaje significativo, al mejorar el desarrollo cognitivo del estudiante y con ello incentivar a proponer posibles soluciones a situaciones problemáticas, esto no quiere decir que éste por sí solo, sea el medio para lograr un aprendizaje significativo sino la manera como se emplea y se diseña las estrategias didácticas, teniendo en cuenta cada concepto inherente al material didáctico. El aprovechamiento de la estrategia didáctica se ve reflejado en la reestructuración cognitiva que se genera en la mente del estudiante, cuando asimila y acomoda las ideas previas con la información que propicia el medio, surge un nuevo conocimiento más elaborado debido a la interacción constante con el material didáctico en el aula de clase.

El proyecto de investigación se plantea para demostrar cómo influye el uso de una buena estrategia didáctica (modelación) en el aprendizaje significativo sobre el concepto de enlace químico, utilizando apropiadamente el sistema de construcción espacial tipo casquete de esfera perforada, como medio didáctico.

1.6 BENEFICIOS ESPERADOS

Con el tema de investigación propuesto, las autoras esperan contribuir en los siguientes aspectos:

- Demostrar que mediante el uso de materiales didácticos como el sistema de construcción espacial, tipo casquete de esfera perforada, se puede lograr una mejor comprensión de temas del área de la química (enlace químico, hibridación, estructura de Lewis, geometría molecular).
- Incentivar a los maestros del área a hacer uso de los diferentes materiales didáctico con el que cuenta la Universidad, lo que conlleva a una reestructuración en su accionar docente, es decir, a reflexionar sobre los métodos empleados en su quehacer.

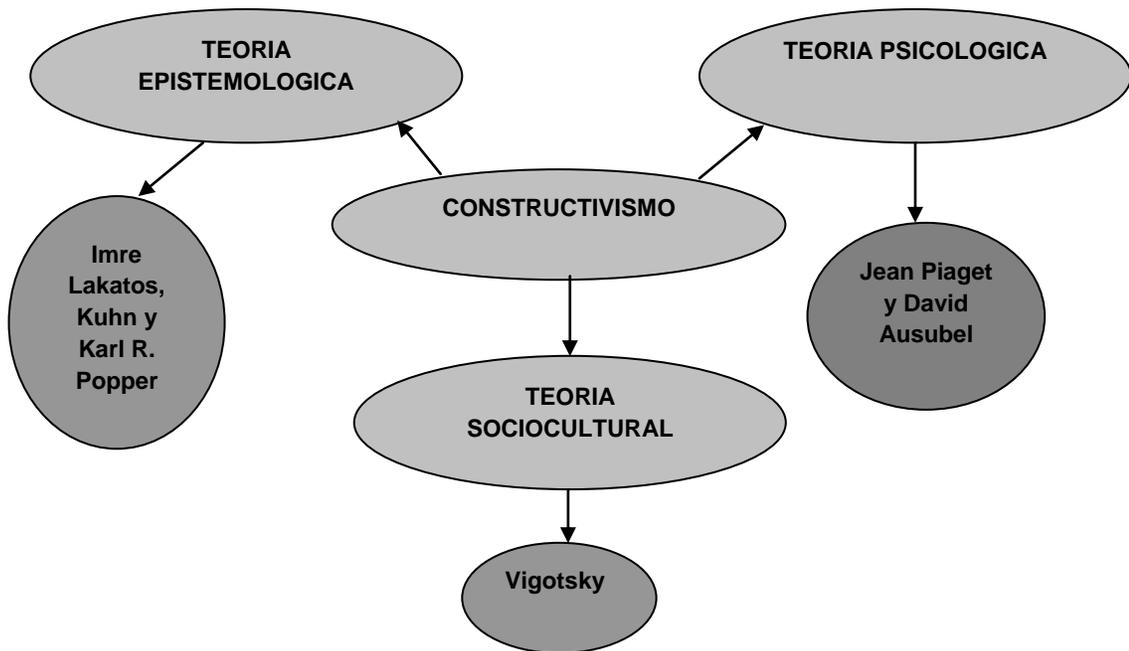
1.7 DELIMITACIÓN Y LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación involucra ciertos aspectos que inciden en la ejecución del proyecto, tales como:

- La validación del instrumento a utilizarse en la investigación, pues en algunos casos no se puede tener acceso de manera fácil con los expertos, los cuales son primordiales para esta etapa de la metodología debido a que ellos son los que validan los ítems del cuestionario a realizarse, sin embargo casi siempre están muy ocupados en sus menesteres académicos.
- El acceso al grupo objeto de estudio, debido a que estos tienen profesores distintos, por lo cual no asegura que los dos estén de acuerdo para llevar a cabo la investigación.

2. MARCO TEORICO

El problema de investigación descansa en las bases de la teoría constructivista, plantea que el aprendizaje es esencialmente activo, es decir el estudiante que aprende algo nuevo, lo agrega a sus experiencias vividas y a su propia estructura cognitiva. El constructivismo es un paradigma que abarca teorías epistemológicas, como las de Kuhn, Lakatos y Popper, psicológicas de Piaget y Ausubel y sociales de Vigotsky.



2.1 TEORÍA EPISTEMOLÓGICA

Esta teoría intenta dar explicación a la naturaleza del conocimiento humano desde el constructivismo. El constructivismo asume que nada viene de la nada, es decir un conocimiento nuevo surge a partir de un conocimiento existente. La concepción epistémica planteada por Kuhn y Lakatos, están apoyadas en la propuesta trazada años atrás de Karl R. Popper quien hizo énfasis en la lógica de la ciencia hacia la historia y la sociología de la ciencia. Según Lakatos para investigar una disciplina en un momento histórico, se debe tener en cuenta dos niveles de organización, los cuales se diferencian claramente. El primero es el núcleo central conceptual, el cual contiene la base fundamental de la investigación, difícil de modificar, debido a que se encuentra protegido por un segundo nivel denominado cinturón protector, que contiene postulados metodológicos y tesis de menor jerarquía que pueden llegar a falsearse sin vulnerar el núcleo conceptual, para que este sea vulnerado, es necesario que

surgan un nuevo paradigma que supera las bases teóricas del paradigma antiguo y con ello obligar a desechar las tesis central de la investigación. Para Kuhn un paradigma es un modelo o ejemplo a seguir, por una comunidad científica, de los problemas que tiene que resolver y del modo como se van a dar las soluciones, para entender, manipular y explicar el mundo. Un cambio de paradigma es como una revolución científica, que cuestiona la elección entre teorías rivales que pueden resolverse mediante algún procedimiento, donde las nuevas teorías surgen de una forma simultánea con los hechos a partir de una reformulación científica del paradigma anterior, es decir, el antiguo paradigma puede ser reemplazado siempre y cuando el nuevo paradigma sustente las teorías de forma consistente, precisa en sus predicciones y fructífera. Esta concepción filosófica se aplica a esta propuesta investigativa, en el sentido de que las preconcepciones de los estudiantes son difíciles de modificar, tal como lo plantea Galagovsky, 2007, al decir que “no existe evidencia de que los preconceptos se dejen modificar.

Sin embargo, tal como lo plantea Kuhn, se pretende efectuar un cambio radical de los significados elaborados por la población objeto de estudio, como producto de la implementación de la estrategia didáctica empleada.

2.2 TEORÍA PSICOLÓGICA

El principal precursor de esta teoría constructivista fue Jean Piaget, desde el punto de vista psicológico desarrolló “un modelo explicativo y metodológico para explicar el origen y evolución de las formas de organización del conocimiento, situándose sobre todo en el interior del sujeto epistémico” (Díaz y Hernández 1998), para explicar cómo evoluciona el conocimiento de un nivel a otro teniendo en cuenta que el sujeto está activo durante el proceso de conocimiento, el cual se va construyendo desde la infancia al interactuar con el medio.

Ausubel y Piaget coinciden en sus planteamientos que los conceptos teóricos se deben dar a partir de la asimilación, en donde la información para ser incorporada en el conocimiento, es necesario que exista una relación estructurante que conlleve a una reestructuración en la estructura cognitiva, es decir, el estudiante utiliza conceptos ya existentes para trabajar con nuevos fenómenos; y la acomodación, que se da cuando los conceptos preexistentes del estudiante son inadecuados para permitirle captar los fenómenos satisfactoriamente, entonces el estudiante debe reemplazarlos o reorganizar sus conceptos centrales, para ello es necesario que se de un equilibrio del alumno con el medio, que permita entrar de manera reestructurada y simbólica al nuevo conocimiento, lo cual Piaget denomina estructuras cognitivas.

Ausubel postula que el aprendizaje implica una reestructuración activa de las percepciones, ideas, conceptos y esquemas que el aprendiz posee en su estructura cognitiva (Díaz y Hernández, 1998), a partir de la introducción de nuevas metodologías que permiten generar un cambio conceptual para lograr un aprendizaje significativo. De acuerdo con lo anterior, todos los individuos nacen con la capacidad de entender el mundo a partir de sus experiencias, que refuerzan los conceptos existentes en su estructura cognitiva o bien generan un cambio en esos conceptos. La estructura cognitiva entra en conflicto cuando se intenta entender una teoría desde el punto de vista conceptual, sin tener en cuenta las ideas previas del individuo, que busca saber acerca del mundo que lo rodea. La mente del individuo se ve en la necesidad de reacomodar el viejo conocimiento para entender el nuevo, el cual es posible cuando el aprendizaje se da en forma experimental, por descubrimiento, manipulación y por la indagación que permiten un pensamiento más crítico del por qué de las cosas.

2.3 TEORÍA SOCIAL

En esta teoría, el aprendizaje se da a partir de un contexto social, contrario a la teoría de Piaget, que basa el aprendizaje en la estructura cognitiva. Esta teoría plantea que lo que pasa en la mente del individuo es fundamentalmente un reflejo de lo que sucede en la interacción social dentro de una determinada cultura. Tomada de la obra de Díaz y Hernández (1998), Vigotsky explica cómo se ubica la acción humana en ámbitos culturales, históricos e institucionales. El desarrollo en esa cultura permite que el ser humano sea capaz de construir su conocimiento a partir de lo que observa, escribe y pregunta a otros, como así mismo lo que le interesa, no porque sea una función natural de su mente, sino que se ha enseñado a construir conocimiento mediante el diálogo continuo con otros seres humanos, en donde comunica, confronta y construye a partir de sus ideas.

En la teoría Social la mejor manera para lograr un aprendizaje significativo es por medio de la interacción con el medio que lo rodea, este método permite al estudiante crear su propio conocimiento a partir de las experiencias vividas.

Este paradigma constructivista es de gran utilidad para la enseñanza de las ciencias, al establecer un puente entre los modelos teóricos que abarcan la ciencia y las representaciones mentales y simbólicas, que el estudiante posee sobre estos modelos, estableciendo una relación entre el nuevo y antiguo conocimiento. La estrategia didáctica utilizada en la investigación a los estudiantes del primer semestre de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, es el sistema de construcción espacial, tipo casquete de esfera perforada, para el

manejo de conceptos sobre enlace químico, buscando con este material didáctico lograr un alto grado de aprendizaje significativo.

El material permite abstraer, contrastar y elaborar diferentes conceptos tanto de biología, química y áreas a fines, de una manera individual a través del desarrollo psicomotor y colectivo por medio de la interacción con los compañeros en la elaboración de los conceptos, además logra de manera más provechosa un cambio conceptual en los estudiantes, ya que las ideas previas pueden ser refutadas por ellos mismos, con la elaboración de las estructuras moleculares sin necesidad de la intervención del maestro, logrando en el estudiante un aprendizaje a largo plazo. El uso de este material didáctico es acorde al tipo de aprendizaje que se busca lograr en los estudiantes del primer semestre de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, donde él, es el protagonista en la construcción del conocimiento, elevando la creatividad, el interés por el estudio, bajo la supervisión y orientación del maestro, que pasa hacer un guía en la elaboración de conceptos.

En términos muy generales el modelo didáctico de enseñanza y aprendizaje por investigación propuesto por Gil (1993), citado por Narváz (2008) se fundamenta en los siguientes principios:

- Se asume la producción de los conocimientos científicos como un proceso gradual, evolutivo, interactivo y social de construcción de significados, conceptos, leyes, teorías y en general, de concepciones.
- Se concibe el aula como un espacio y a la clase como un momento, apropiados para la interacción social, para la investigación y para la construcción de los conocimientos compartidos.
- Se propone un modelo didáctico basado en la investigación escolar de los estudiantes (investigadores) orientados por el profesor (director de investigadores)
- Se considera al profesor en cuanto a su pensamiento y su acción, como una variable reguladora fundamental de los procesos educativos.
- Se asume que el pensamiento del profesor orienta y dirige, a un cierto nivel, su acción docente.

- Se considera que el contenido del pensamiento del profesor se organiza en esquemas de conocimientos. Dichos esquemas presentan diferentes grados de complejidad y de funcionalidad, desde aquellos más rituales y prácticas (rutinas), hasta aquellos más abstractos e ideológicos (creencias, imágenes, constructos, teorías implícitas... en síntesis, concepciones.

Esta teoría abarca aspectos de gran importancia en la investigación debido a que la estrategia didáctica empleada permite al estudiante adquirir el conocimiento por medio de la asimilación y acomodación a partir de la manipulación del sistema de construcción espacial tipo casquete de esfera perforada.

2.4 DEFINICION DE CONCEPTOS

Puesto que el trabajo de investigación tiene como variable independiente, la modelación, y la variable dependiente es el grado de aprendizaje alcanzado sobre el concepto de enlace químico, es necesario profundizar algunas definiciones conceptuales que conllevan al buen manejo y ejecución de la investigación.

2.4.1 Aprendizaje Significativo. El ser humano posee la habilidad de aprender de verdad sólo aquello a lo que le encuentra sentido, lógica o relación con hechos vividos. Según Novak “los estudiantes se esfuerzan por conectar el nuevo conocimiento con el conocimiento que poseen y con lo que sucede en su actual entorno de aprendizaje” es decir el aprendizaje significativo, en comparación con otros tipos de aprendizajes, que son memorísticos y poco racionales, busca la relación de los nuevos conocimientos con conocimientos previos, situaciones y experiencias vividas. En esta red de conocimientos y experiencias se va depositando y asimilando la nueva información, elevando el nivel de la estructura cognitiva.

Ausubel, Novak y Hanesian (1976), propusieron como producto de la propuesta constructivista, el aprendizaje significativo o aprendizaje a largo plazo, basándose en aportes dados por Vigotsky, han señalado que para aprender se debe relacionar los nuevos aprendizajes con las ideas previas del estudiante. Por tanto es necesario partir de los preconceptos de los estudiantes antes de introducir los nuevos conceptos, esta experiencia conlleva a una reestructuración cognitiva, donde el estudiante relaciona los preconceptos con el nuevo conocimiento, permitiendo un cambio conceptual.

Antes de abordar la propuesta del aprendizaje significativo es necesario definir a profundidad el significado de un concepto, el cual lo define Ausubel, Novak y

Hanesian (1976) como los atributos de criterios abstractos que son comunes en una categoría dada de objetos, eventos o fenómenos, que poseen nombres y se adquieren a través del aprendizaje significativo de representaciones después de adquiridos, es decir, es la representación mental que tiene una persona en su estructura cognitiva, que se encuentra identificada con una etiqueta lingüística. El ser humano va adquiriendo conceptos desde su nacimiento a partir de la relación simbólica de objetos nuevos con los existentes en su estructura cognitiva, más adelante estos conceptos necesitan tener bases concretas para ser asimilados correctamente. Cuando el niño tiene la capacidad de hacer razonamientos más abstractos, la estructura cognitiva le permite relacionar directamente los conceptos nuevos con los ya existen sin tener bases empíricas que los soporte.

Los estudiantes objeto de estudio están en la capacidad de hacer abstracciones más complejas, diferenciar de forma más precisa un concepto de otro por medio de la asimilación, tal como ocurre en la niñez, debido a que poseen la capacidad de relacionar de manera lógica conceptos complejos en su estructura cognitiva, lo que se obtiene con más eficacia en la etapa de la infancia, y además tienen la capacidad de enunciar juicios y ser críticos ante situaciones eventuales, que se dan mediante la experiencia. La generación de conceptos a través de la asimilación ha servido para que grandes científicos generen principios, hipótesis y teorías, que por adelantos de la ciencia permiten ser refutados con otras teorías.

De acuerdo con el planteamiento de Galagovsky (2004), los conceptos toman un papel fundamental en la formación del aprendizaje sustentable, donde funcionan como nexos entre la información y el conocimiento, denominados conceptos sostén, como lo muestra la siguiente figura 2.1, son los que se encuentran coloreados de negro, observándose el vínculo entre la información recibida (círculos azules) y el conocimiento ya existente (círculos grises). Por medio de esta propuesta se pretende que los estudiantes alcancen un alto nivel de aprendizaje significativo sobre enlace químico mediante la modelación.

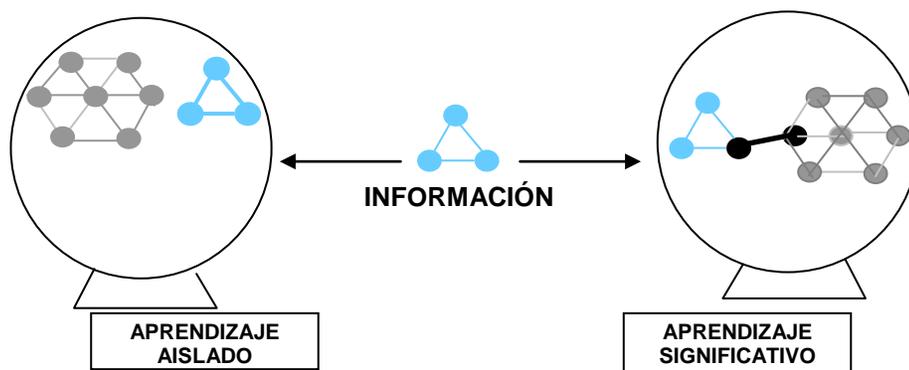


Figura 2.1 Representación del aprendizaje sustentable

Ausubel y otros, 1976, postula que el aprendizaje implica una reestructuración activa de las percepciones, ideas, conceptos y esquemas que el aprendiz posee en su estructura cognitiva. Esta estructura cognitiva se compone de conceptos, hechos y proposiciones organizados jerárquicamente (Díaz y Hernández 1998). Esto significa que el estudiante ordena en su estructura cognitiva, es decir su mente, la información de acuerdo a la importancia que le dé, de la menos a la más relevante, a partir de esta organización construye conceptos apropiándose del conocimiento, el cual debe estar relacionado con la naturaleza del proceso de aprendizaje y con los factores cognoscitivos, afectivos y sociales.

Los principios psicológicos constructivistas consideran que un aprendizaje significativo se puede dar a partir de la relación entre nuevos conceptos y los preconceptos de manera sustancial en su estructura cognitiva, teniendo en cuenta no solo la parte intelectual sino un conjunto de aspectos socio-afectivos como el tipo de personalidad, relaciones intrapersonales que conlleven a mejorar la manera de aprender y a los maestros a enseñar. Por lo tanto esto genera un conocimiento que se encuentra en la mente humana, y la construcción sociocultural acumulada en saberes de las civilizaciones genera una información, que se acopia y se va uniendo a través de la asimilación en la estructura cognitiva y se convierte en conocimiento que se adapta al contexto.

Una forma para obtener un aprendizaje a largo plazo como lo plantean Novak, Ausubel y Hanesian es “elevando al máximo el impulso cognoscitivo, despertando la curiosidad intelectual y utilizando materiales didácticos que atraigan la atención”, y además expliquen de manera simbólica conceptos, leyes, teoría, etc. La investigación plantea el uso de un sistema de construcción espacial tipo casquete de esfera perforada, que permite abordar el tema referente a enlace químico de una manera didáctica, incentivando la motivación por aprender.

El aprendizaje significativo o a largo plazo puede ser representacional, de conceptos y preposicional, también de acuerdo a la estructura cognitiva en su orden jerárquico pueden ser subordinados, superordinado o combinatorio, los cuales serán explicados a continuación.

2.4.2.1 Tipos de Aprendizaje Significativo: se dividen en tres clases.

Aprendizaje de Representaciones: según Novak, Ausubel y Hanesian el aprendizaje por representaciones ocurre cuando se igualan en significados símbolos arbitrarios con sus referentes (Objetos, eventos, conceptos) y representan para el alumno cualquier significado al que sus referentes aludan

significativamente, es decir, explican un concepto u objeto desconocido por medio de símbolos, que posee una relación.

Aprendizaje de Conceptos: los conceptos son objetos, eventos, situaciones o propiedades que poseen atributos de criterio comunes y que se designa mediante algún símbolo o signo. El niño puede adquirir nuevos conceptos mediante el proceso de asimilación conceptual. Por ejemplo la formación de conceptos que se da en niños, a partir de experiencias concretas, comprende que la palabra "mamá" puede usarse también por otras personas refiriéndose a sus madres.

Aprendizaje de proposiciones: consiste en relacionar dos o más conceptos conocidos, en donde uno es el que se va aprender y el otro el que ya se conoce, en forma de oración que contiene sentido lógico y significativo. Este aprendizaje surge bajo el principio de Asimilación, postulado por Ausubel, que consiste en modificar una nueva idea y relacionarla con la idea que ya se tenía, para que haya una interacción entre ellas. Ausubel, con base al orden jerárquico de relevancia, a este principio le asigno los siguientes pasos:

- **Por diferenciación progresiva o subordinado:** cuando el concepto nuevo se subordina a conceptos más relevantes que el estudiante ya conocía, es decir, a medida que la nueva información es incluida dentro de un concepto, esta se aprende y el concepto se transforma.
- **Por reconciliación integradora o superordinado:** cuando el concepto nuevo es de mayor grado de inclusión que los conceptos que el estudiante ya conocía, es decir, la nueva información es adquirida y la estructura cognitiva asume una reorganización en ella para llegar a un nuevo aprendizaje.
- **Por combinación:** cuando el concepto nuevo tiene la misma jerarquía que los conocidos, es decir, ninguno de los conceptos prevalece uno sobre otro, las ideas establecidas en la estructura cognitiva hallan relación con la información para así generar un nuevo aprendizaje.

El aprendizaje significativo anteriormente descrito se ilustra a través de la figura 2.2

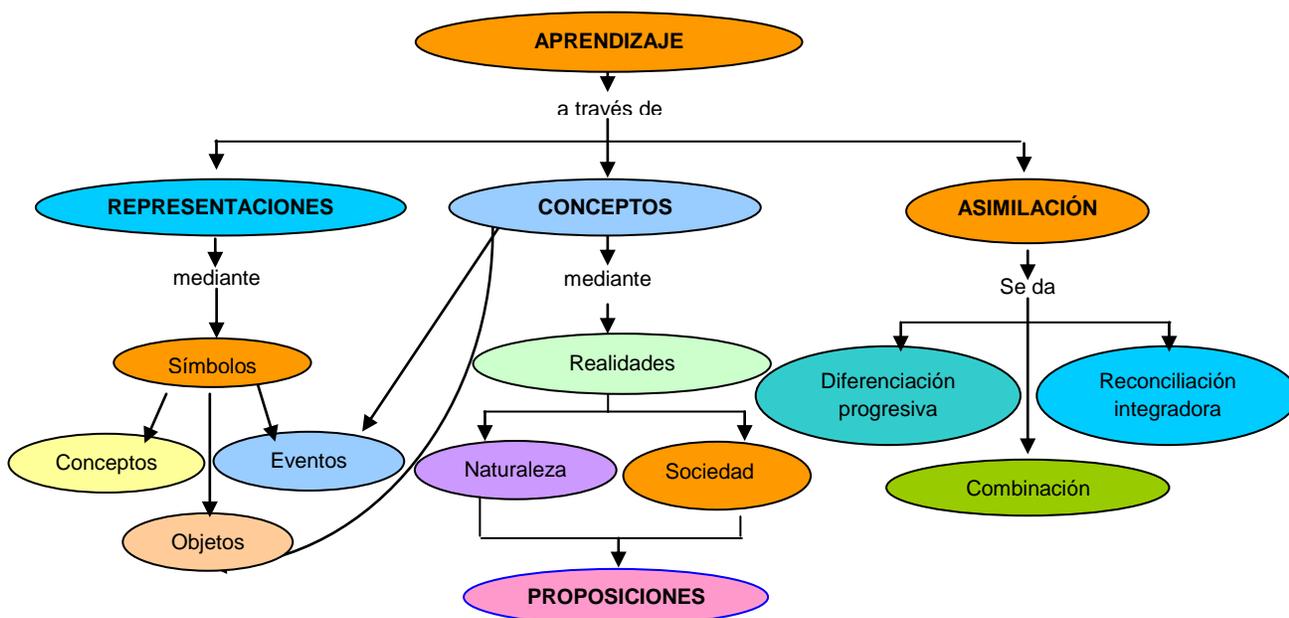


Figura 2.2 Representación del aprendizaje significativo.

El aprendizaje es un proceso mediante el cual nuevos conocimientos son asimilados dentro de la estructura conceptual del que aprende (De Posada 1999), es decir, el alumno adquiere conceptos a partir de las ideas previas que él posee en su intelecto. El modelo de cambio conceptual y la perspectiva constructivista indican que el aprendizaje con comprensión real ocurre cuando el que aprende construye y transforma activamente sus propios significados, y no cuando adquiere y acumula pasivamente conocimientos que se le transmiten (De Posada 1999). De esta forma, el aprendizaje se convierte en una reestructuración constante del conocimiento que posee el estudiante, permitiendo que los conceptos sean comprendidos más no memorizados, alcanzando un aprendizaje significativo.

Antes de entrar en el planteamiento del problema, se debe indagar del cómo aprenden los estudiantes la química. Para ello se basa en algunas investigaciones realizadas, iniciando por la terminología de química, que no es más que la ciencia netamente molecular que requiere la explicación a escala macroscópica de los fenómenos microscópicos. Caamaño (2001) plantea algunas causas que se han señalado en la literatura didáctica para explicar las dificultades en el aprendizaje de la química, las cuales son:

- La dificultad radica en que no relacionan que las propiedades de las sustancias son las mismas tanto a nivel macroscópico como microscópico, por lo tanto no comprenden cómo están constituidas las moléculas (átomos e iones).
- Esta falencia se presenta porque no se tienen bases sólidas en los conceptos básicos sobre materia y además creen que la química es una ciencia que se encuentra solo en los libros, y por ello no la relacionan con su entorno, porque si lo hicieran se darían cuenta que todo lo que gira al alrededor esta constituida por materia, y ésta por moléculas, las cuales son compuestas por diminutas partículas llamadas átomos.
- Como se sabe las teorías que rigen el universo se encuentran en un constante cambio buscando dar una explicación a fenómenos, por lo tanto se han diseñado modelos que representen un objeto y en este caso encontramos diferentes modelos moleculares que muestren cómo interactúan los átomos dentro una molécula.
- No hay comprensión de los modelos, por ende no pueden elaborar ni utilizarlos. Para que los estudiantes puedan modelizar el enlace químico es importante lograr un cambio conceptual que permita representar las fórmulas químicas para obtener un aprendizaje a largo plazo.

Según Chamizo, Nieto y Sosa (2004), los conceptos básicos de química no llegan a ser plenamente comprendidos y mucho menos dominados al término del nivel que les corresponde (bachillerato o universitario). Por lo tanto el conocimiento se construye sobre unos cimientos frágiles e inestables que no permiten un aprendizaje de la disciplina, además se les exige que piensen “correctamente” como científicos, sin tener la herramientas tanto físicas como humanas. Esto indica que no solo el problema se presenta en la comprensión de los contenidos, sino en la forma como se enseña la química, por eso es necesario ahondar más en la manera como se educa en la química, es decir, revisar los métodos didácticos que se implementan en el aula de clase. Para ello se requiere que el maestro principalmente tenga un buen manejo de los contenidos y busque las estrategias más adecuadas, que no confundan a los estudiantes sino que se aproximen a la comprensión de los mismos.

El presente trabajo de investigación busca encontrar el grado de aprendizaje alcanzado, por los estudiantes de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental del primer semestre sobre el concepto de enlace químico mediante el uso de la modelación a través del sistema de construcción espacial,

tipo casquete de esfera perforada, identificando como variable que influye en la comprensión y representación de modelos a la geometría molecular, demostrado en algunos trabajos realizados como el estudio de Peterson y otros (1989a, 1989b), quienes evaluaron los conocimientos académicos de alumnos de 16 y 17 años de edad sobre el enlace covalente y su estructura, encontrando algunas falencias más significativas en relación con la electronegatividad de los elementos que constituyen la molécula, la desigualdad en la compartición del par de electrones en el enlace polar, aunque algunos reconocieron que este influyen en la geometría de algunas moléculas, y además confunden las fuerzas intermoleculares con las fuerzas que se dan dentro de una molécula. El enlace químico podría ser catalogado como concepto estructurante según la terminología epistemológica de Gagliardi y Giordan (1986), como la base para comprender no solo la geometría molecular sino también la nomenclatura, la estequiometría, las reacciones químicas, entre otros problemas químicos y biológicos.

De acuerdo con lo anterior, una posible solución podría ser la utilización de imágenes, representaciones externas visuales como material didáctico en la enseñanza de la ciencia.

El aprendizaje de la química no resulta sencillo a los estudiantes que tienen que enfrentarse a leyes, conceptos nuevos y abstractos, establecer conexiones entre ellos y entre los fenómenos estudiados y, por si fuera poco, a la necesidad de utilizar un lenguaje altamente simbólico junto a modelos de representación analógicos que ayuden a la representación de lo no observable (Pozo y Gómez, 2006). Por consiguiente es necesario que el estudiante asimile esas leyes y conceptos mediante la esquematización mental, que permite interpretar leyes y conceptos de acuerdo a cómo se perciben, para que se logre un aprendizaje significativo, que permita entender los fenómenos, hacer interferencia y predicciones (Galagovsky 2007).

Para introducir el tema de investigación es necesario ahondar en los conceptos relevantes para la modelación como el enlace químico, estructuras de Lewis, hibridación, geometría molecular (ángulos de enlace, tipos de interacciones atómicas en las moléculas), que se explica a continuación.

2.4.2 Enlace químico. Antes de entrar en el tema de enlace químico es necesario tener claro los conceptos de ión, catión y anión, los cuales son determinantes para la formación de los enlaces. Para Kossel, dada la estabilidad de los gases nobles que estaban precedidos en la tabla periódica por los halógenos (con un electrón menos), y los metales alcalinos (con uno más), la transferencia de un electrón del metal alcalino al halógeno conducía a ambos a

adquirir el mismo número de electrones que un gas noble en su último nivel de energía, lo cual les daría estabilidad en sus iones. Con ello, el halógeno adquiriría una carga negativa transformándose en un anión, indicando que el átomo gana un electrón y el metal adquiere una carga positiva transformándose en un catión, proceso que indica que el átomo ha cedido un electrón en su capa de valencia.

Por lo tanto se define como enlace químico a las fuerzas electrostáticas que mantienen enlazados a los electrones de la capa de valencia de los átomos formando moléculas, similar a como lo plantea Chang (1992) “el enlace químico ayuda a entender las fuerzas que mantienen enlazados a los átomos en las moléculas y a los iones en los compuestos iónicos”, entendiéndose como moléculas un agregado de por lo menos dos átomos de uno o más elementos, mantenidos juntos por fuerzas químicas. Kossel lo define como la atracción electrostática entre ambos iones como la responsable de la formación del enlace químico.

Para que un átomo se una a otro, es necesario tener en cuenta la electronegatividad, a la cual Linus Pauling en 1932 la define como “la tendencia de los átomos a polarizar hacia si los electrones de los otros átomos con los que se encuentran unidos en una molécula”. Partiendo de este concepto se logra determinar los diferentes tipos de enlaces que pueden formar los átomos. A mayor diferencia entre dos elementos enlazados en la escala de la electronegatividad, mayor es también su carácter iónico. Cuando la diferencia en la escala de electronegatividad es de 1.7 eV, el enlace tiene un 51% de carácter iónico y un 49% de carácter covalente. Si la diferencia es mayor, es apropiado conceptualizar que la sustancia posee estructura iónica, y si es menor, se escribe que la sustancia es covalente, como lo muestra la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Carácter iónico parcial de enlace y diferencia de electrones de átomos.

$X_A - X_B$	Carácter iónico parcial	$X_A - X_B$	Carácter iónico parcial
0.0	0%	1.4	32
0.2	1	1.6	40
0.4	3	1.8	47
0.6	7	2.0	54
0.8	12	2.2	61
1.0	18	2.4	68
1.2	25	2.6	74

Fuente: Pauling, 1959.

Antes de explicar los tipos de enlace es importante definir los conceptos de estructura de Lewis, la regla del octeto y la valencia, que son la base para comprender el enlace químico. Lewis propuso al igual que Bohr, que los electrones estaban distribuidos en capas, la primera contenía dos electrones, mientras que el resto tendería a mantener ocho, a excepción de la última denominada capa de valencia, la cual contendría entre uno u ocho electrones como máximo.

Esta teoría tenía como antecedente la ley de Abegg de la valencia y la contravalencia, quien, en 1904, indica que la diferencia entre el número de valencias positivas y negativas o estados de oxidación de un elemento, eran usualmente de ocho y nunca más de ocho (Chamizo. Garritz y Cruz), es decir, si un átomo cede n electrones, entonces puede recibir $(8 - n)$, pues la capa de valencia alberga hasta ocho electrones logrando una configuración electrónica con terminación s^2p^6 , que se conoce como la ley del Octeto.

La palabra valencia indica capacidad, es interpretada entonces como el número de electrones en el nivel más externo del átomo, y por lo tanto participan en los enlaces de un compuesto químico. A partir de esta propuesta surgen las estructuras de Lewis, que representan una molécula utilizando puntos o guiones.

Las estructuras de Lewis proporcionan la unión de un átomo en una molécula, el orden de enlace y el número de pares libres, esto puede utilizarse por medio del modelo de la repulsión entre los pares de electrones de la capa de valencia para obtener estructuras.

Como se dijo anteriormente, el enlace químico según la diferencia de electronegatividad se clasifica en:

2.4.2.1 Enlace iónico: es la representación de compuestos formados entre átomos con una gran diferencia de electronegatividad (mayor a 1.7eV), teniendo en cuenta la tabla 2.1 para determinar el carácter iónico del compuesto. Los elementos que se encuentran en los grupos IA, IIA y IIIA tienden a ceder 1, 2 o 3 electrones de su última capa de valencia respectivamente, mientras que los demás grupos A tienden a captar electrones para lograr la ley del octeto y parecerse a los gases nobles, formando iones + y -, que finalmente en una estructura molecular tridimensional forman cristales. De lo anterior se deduce que el enlace iónico se da entre elementos metálicos y elementos no metálicos, por lo tanto es necesario que un elemento pierda energía y el otro la acepte para mantener la estabilidad energética.

2.4.2.2. Enlace covalente: la principal característica del enlace covalente es la compartición de pares electrónicos, para alcanzar una configuración electrónica de un gas noble o algunas otras configuraciones estables. Los pares de electrones son contados por cada uno de los átomos enlazados. Lewis define al enlace covalente como la compartición de un par o más electrones entre dos átomos. La diferencia de electronegatividad cuando es menor a un 1.7eV, es un factor determinante en la formación de enlace covalente, donde los átomos tienden a compartir electrones. Teniendo en cuenta la tabla 2.1 planteada por Linus Pauling la diferencia de electronegatividad cercana a 1.7 posee un 60% de carácter covalente y un 40% de carácter iónico, es a pesar de ser un enlace covalente, posee un carácter iónico.

De acuerdo a la cantidad de pares de electrones compartidos se clasifica en:

- **Enlace Covalente Sencillo:** cuando los átomos que intervienen en el enlace requieren solamente un electrón para completar su configuración de gas noble, como sucede con el grupo de los Halógenos, pueden unirse compartiendo un par de electrones formando enlaces covalente sencillo, con elementos del mismo grupo o con el Hidrógeno, por ejemplo el F-F. Según Pauling (1959) los átomos que se encuentran unidos por enlaces sencillos forman ángulos de 110° con una estructura molecular tetraédrica.
- **Enlace Covalente Doble:** cuando los átomos que intervienen en el enlace necesitan dos electrones para completar su octeto, como los elementos del grupo VI, comparten dos pares de electrones formando un enlace covalente doble, por ejemplo el CO_2 , O_2 . Los átomos que se encuentran unidos por enlaces dobles forman ángulos de 120° con una estructura molecular trigonal.
- **Enlace Covalente Triple:** el Nitrógeno y todos los elementos pertenecientes al grupo V, para completar el octeto puede formar enlaces triples con él mismo, por ejemplo N_2 . Los átomos que se encuentran unidos por enlaces triples forman ángulos de 180° con una estructura molecular lineal.
- **Enlace coordinado:** se da cuando el par de electrones compartidos pertenece solo a uno de los átomos, ejemplo SO_3 .

De acuerdo a su polaridad el enlace covalente se clasifica en:

- **Enlace covalente apolar:** es cuando las moléculas están formadas por átomos iguales, por lo tanto su diferencia de electronegatividad es cero.

Nitrógeno: 3.0

Diferencia de electronegatividad: $3.0-3=0$



- **Enlace covalente polar:** es cuando las moléculas están enlazados por átomos diferentes, por lo tanto la diferencia de electronegatividad es superior a cero.



2.4.3 Hibridación. Una hibridación se produce cuando se mezclan los orbitales atómicos de un mismo nivel de valencia, el número de orbitales híbridos obtenidos deben ser igual al número total de orbitales puros que intervienen en su formación, por ejemplo un orbital híbrido sp posee la misma cantidad de orbitales s y p. Estos se encuentran representados en la figura 2.3.

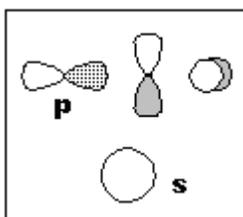


Figura 2.3

Figura 2.3 Representación de los orbitales s y p

Los tipos de hibridación más comunes se dan a partir de la unión de los subniveles s y p de un mismo nivel de valencia de la siguiente manera:

2.4.3.1 Hibridación Sp. Es cuando se une el orbital atómico s y el orbital atómico p para formar un conjunto de dos orbitales atómicos híbridos con propiedades direccionales diferentes de las de procedencia (Housecroft y Sharpe). Cuando se mezclan subnivel s con el orbital p_x , al unirse un átomo sp con otro sp, generan un enlace sigma, tal como lo muestra la figura 2.4; los orbitales P_y y P_z , quedan libres para formar enlaces triples (enlace pi), que al construir la estructura molecular toma ángulos de 180° con geometría lineal.



Figura 2.4 Formacion de enlace sigma

2.4.3.2 Hibridación Sp^2 . Cuando se mezclan el subnivel s con los orbitales p_x y p_y , con propiedades direccionales diferentes de las de procedencia (Housecroft y Sharpe) genera tres orbitales híbridos, quedando libre p_z , para formar enlace doble (enlace pi), que al construir la estructura molecular toma ángulos de 120° con una representación trigonal, como se observa en la figura 2.5.

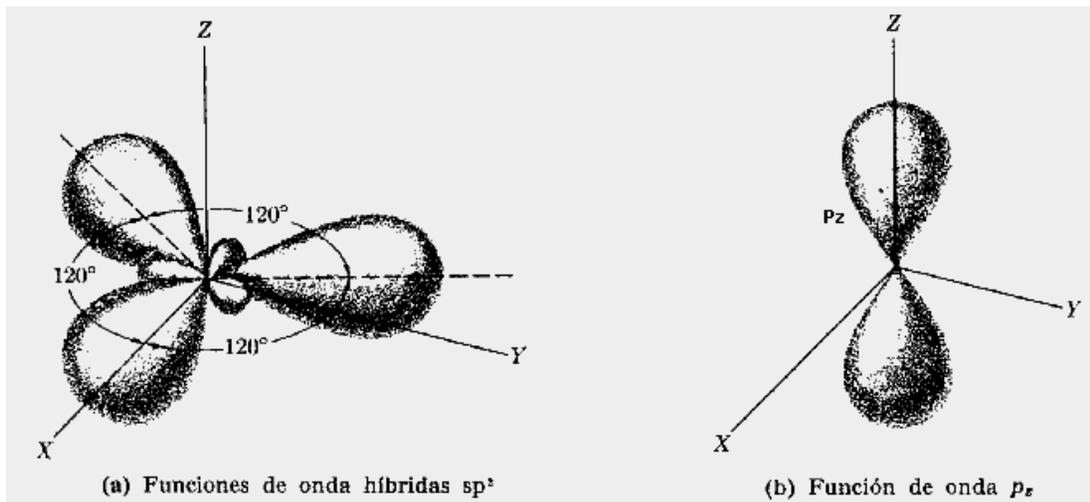


Figura 2.5 Representacion de la hibridacion sp^2

2.4.3.3 Hibridación Sp^3 . Cuando se mezclan el subnivel s con los orbitales P_x , P_y y P_z , con propiedades direccionales diferentes de las de procedencia (Housecroft y Sharpe) genera cuatro orbitales híbridos, que al construir la estructura molecular toma ángulos de 110° con una representación tetraédrica, como se observa en la figura 2.6.

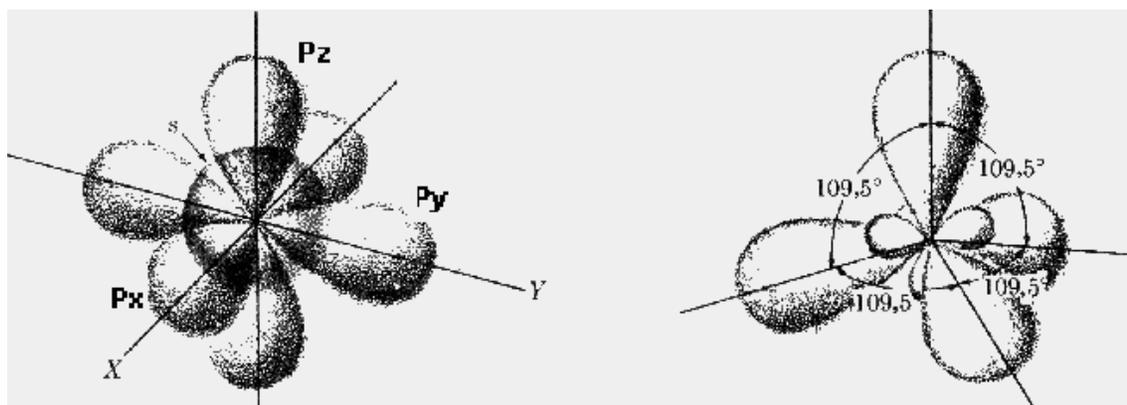


Figura 2.6 Representación de la hibridación sp^3

2.4.3 Geometría Molecular. La geometría molecular se refiere a la disposición tridimensional de los átomos de una molécula, que afecta sus propiedades físicas y químicas como punto de ebullición, punto de fusión, densidad y el tipo de reacciones en que puede participar. La geometría que adopta la molécula es aquella en la que la repulsión de los pares electrónicos es mínima. Este enfoque se conoce como modelo de repulsión de los pares electrónicos de la capa de valencia (RPECV), que explica la distribución geométrica de los pares electrónicos que rodean al átomo central en términos de la repulsión electrostática entre dichos pares. Para predecir la forma de las moléculas con el modelo RPECV se siguen estos pasos:

- Dibujar la estructura de Lewis de la molécula o ión y contar el número total de electrones.
- Determinar la geometría de los pares enlazante para evitar las repulsiones
- Con base en el acomodo de los átomos enlazados, determinar la geometría molecular.

Hasta la fecha se utiliza dos teorías mecánico-cuánticas, para describir la formación de enlace covalente y la estructura electrónica de las moléculas; que permite comprender cómo y por qué se combinan los átomos, a partir de esto surgen dos teorías.

La teoría de enlace de valencia (TEV): desarrollada por Heitler y Pauling, considera que la formación de una molécula se origina al acercarse los átomos

completos que, cuando interaccionan retienen en gran cantidad su carácter original (Housecroft y Sharpe). La teoría del enlace de valencia propone que la formación de un enlace covalente, se da como el resultado de traslapar orbitales atómicos generando dos tipos de enlaces, sigma y pi.

Sobre las bases de los resultados de Berzelius en 1811, desarrollo su teoría dualista de combinación química. Esto complico la idea que en una sal, la base y el ácido tienen cargas positivas y negativas, respectivamente, y sobre la electrolisis ellos dibujan las cargas opuestas y liberada de los electrodos por neutralización de sus cargas. La teoría es parecida aproximadamente a la presente teoría de valencia iónica.

En compañía del desarrollo de la química orgánica durante la última parte del siglo, la teoría dualista derribó largamente estas discusiones porque la imposibilidad de aplicarse satisfactoriamente en los compuesto del carbono. La teoría de enlace de valencia luego desarrollada, en 1852 por Edward Frankland en Inglaterra plantea que esos átomos tenían una combinación definida, determinando la fórmula de los compuestos. Pocos años más tarde, en 1858, Archibald S. Couper introdujo la idea del enlace de valencia y dibujó la primera fórmula estructural, y durante algunos años August Kekulé en Alemania demostró que el carbono es cuadrivalente y que los átomos de carbono son enlazados unos con otros en compuestos orgánicos.

Esta teoría plantea que la acumulación de densidad electrónica entre dos núcleos ocurre cuando un orbital atómico de valencia de un átomo se fusiona con uno de otro átomo, es decir se traslapa, permitiendo a dos electrones con espín opuesto compartir el espacio común entre los núcleos y formar un enlace covalente. Entre los dos núcleos enlazados siempre va existir una distancia óptima. Cuando se unen dos átomos para formar una molécula, se da un cambio de la energía potencial en el sistema, en donde la distancia disminuye entre los átomos y aumenta el traslape entre sus orbitales.

La teoría de orbitales moleculares (TOM): propuesto por Hund y Mulliken asigna los electrones a los orbitales moleculares formados por el solapamiento (interacción) de los orbitales atómicos (Housecroft y Sharpe), para formar enlace covalente, de manera que los nuevos orbitales moleculares, igual a los orbitales atómicos que se solapan, pertenecen a la molecula entera y no a un sólo átomo. Cuando sucede la interaccion para formar el enlace, los orbitales atómicos se acercan liberando energía, a medida que el electrón de cada átomo participante es atraído por la carga positiva del núcleo del otro átomo, es decir que cuanto mayor sea la interacción, mayor liberación de energía habrá, y menor energía poseerá el

orbital molecular. Si la aproximación de los átomos continúa, los núcleos atómicos pueden llegar a repelerse mutuamente, debido a que ambos poseen carga positiva, entonces al repelirse la energía va aumentar debido al alejamiento de los átomos. Es por ello, que la distancia que pueden alcanzar los núcleos de los átomos participantes en el enlace se determina cuando la energía es mínima, y esa distancia se conoce como longitud de enlace. Partiendo del papel que juega la energía en la TOM surgen dos tipos orbitales moleculares:

- Cuando la energía es mínima, se debe a que el orbital contiene dos electrones que mantienen unidos los átomos enlazados y con mayor estabilidad, por lo que se denomina orbital molecular enlazante. Por ejemplo, la combinación de dos orbitales atómicos 1s de H forma dos orbitales moleculares de H₂, en este orbital molecular de enlace, cuando los sigma 1s, se combinan generan una densidad electrónica entre los núcleos, como se observa en la figura 2.7 b.
- Cuando sucede lo contrario, es decir, la energía es mayor, los electrones que se encuentren en este orbital, producirá que los átomos se repelen, ese tipo de orbital molecular se denomina antienlazante. Por ejemplo, la combinación de dos orbitales atómicos 1s de H forma dos orbitales moleculares de H₂, en este orbital molecular de enlace, los sigmas 1s, se separan mediante un nodo en la región de enlace, como se observa en la figura 2.7 b.

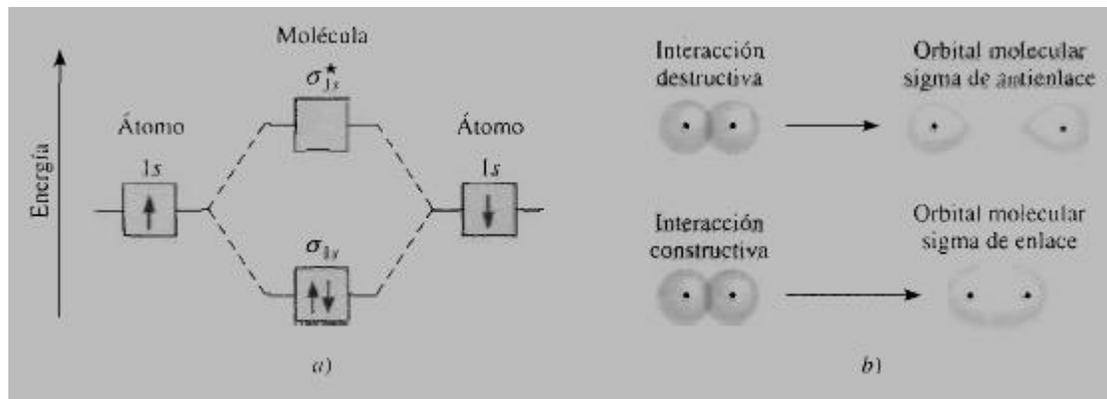


Figura 2.7 a. Niveles energía, b. Representación de los orbitales moleculares antienlazante y enlazante.

En la geometría molecular a medida que aumenta el número de átomos en la molécula, aumenta también el número de formas que esta podría optar. Una manera para predecir la geometría molecular aproximada involucra al principio de exclusión propuesto por Wolfgang Pauli (1925), donde eran necesarios cuatro

números cuánticos para caracterizar a cada uno de los electrones de un átomo establecido, estos se clasificaron en:

Número cuántico principal (n): con valores de 1,2, 3...el cual representa el nivel de energía.

Numero cuántico azimutal (l): con valores de 0, 1, 2,...; es decir $n-1$, el cual representa los subniveles de energía s, p, d, f.

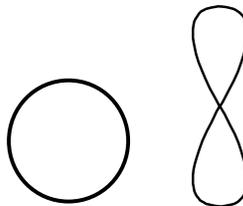


Figura 2.8 Orbital s y p, tomado del ACD Labs

Numero cuántico magnético (m): con valores de 0, +/- 1, +/- 2, +/-3..., es decir +/- l .

Numero cuántico con dos valores (m_s): con valores +/- $\frac{1}{2}$. Este determina el sentido de la rotación del electrón.

Pauli concluye que nunca podrá haber dos o más electrones equivalentes en un átomo para los cuales... los valores de todos los números cuánticos sean los mismos, es decir que un electrón con cierto espín en determinado lugar, elimina la posibilidad de que otro electrón del mismo espín quede cerca. Como se sabe un orbital alberga tan sólo dos electrones por lo tanto las sustancias con un número de electrones impar presentan paramagnetismo ya que se da la posibilidad de que uno o algunos electrones queden desapareados, en caso contrario se habla de diamagnetismo. Esto permite determinar el modelo de repulsión de pares de electrones en la capa de valencia (RPECV), el cual accede predecir la estructura molecular, donde se tiene en cuenta el átomo central, los átomos ligantes y el par de electrones no enlazante o solitarios. Los electrones que se encuentran alrededor del átomo central poseen espines opuestos para que cada uno este lo más alejado posibles de acuerdo al principio de exclusión de Pauli. A partir de los pares de electrones compartidos y no enlazante se puede determinar la geometría de la molécula, como lo muestra la tabla 2.1

Tabla 2.2 Tipos de geometría molecular de acuerdo a los pares de electrones

Número total de pares alrededor del átomo central	Disposición de los pares electrónicos	Número de pares electrónicos compartidos	Números de pares electrónico solitarios	Geometría de la molécula (considerando los núcleos atómicos)
2	Lineal	2	0	Lineal
3	Triangular	3	0	Triangular
		2	1	Angular
4	Tetraédrica	4	0	Tetraédrica
		3	1	Piramidal
		2	2	Angular

Estas repulsiones determinan el arreglo de los orbitales, y la geometría molecular, que puede ser lineal, trigonal, tetraédrica.

Geometría lineal: la conforman dos pares de electrones alrededor de un átomo central, localizados en lados opuestos y separados por un ángulo de 180° . Esta disposición es producto de la hibridación sp generando un enlace sigma, que dejan libres a los orbitales P_y y p_z para formar enlaces pi. La figura 2.7 representa la disposición de los átomos.



Figura 2.9 Representación de la geometría lineal

Geometría trigonal: producto de la hibridación de un orbital s y dos de tipo p , dejando en posición central el orbital $1s$ que no participa del enlace, formando ángulos de 120° con una hibridación sp^2 y un enlace doble formado por el orbital Pz

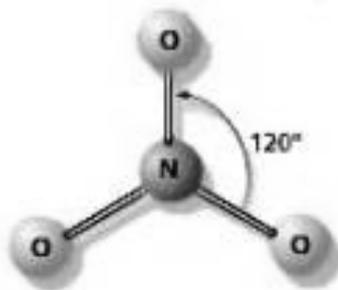


Figura 2.10 Representación trigonal de la molécula NO_3

Geometría tetraédrica: cuatro pares de electrones alrededor de un átomo central, ubicados con una separación máxima equivalente a un ángulo de 110° , con hibridación sp^3 , que forman enlace sigma.

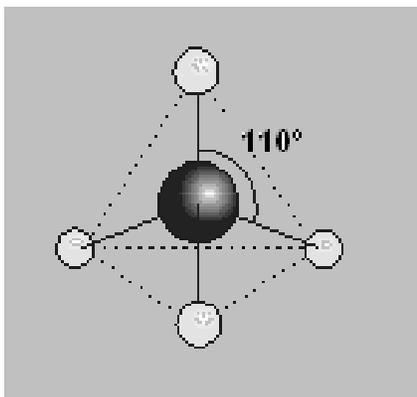


Figura 2.11 Representación de la geometría tetraédrica.

Chamizo, Garritz y Cruz (1987) una vez establecida la geometría molecular propusieron seis reglas de acuerdo a la interacción de los pares de electrones de valencia.

Primera regla: los pares solitarios repelen a otros pares electrónicos cercanos más fuertemente que los pares compartidos, debido a que los pares solitarios poseen un solo átomo central a comparación con los pares compartidos que poseen dos átomos, el central y el ligante. A partir de lo anterior la repulsión decrece al aumentar la distancia, cuando los pares se encuentran formando ángulos mayores de 120° .

Segunda regla: la repulsión entre pares de electrones compartidos decrece con el incremento de la electronegatividad de los átomos del elemento con el que se está compartiendo.

Tercera regla: la repulsión de pares de electrones compartidos que forma parte de un enlace múltiple es mayor que la de pares de electrones compartidos en enlaces simples, debido a que la hibridación sp^3 no deja orbitales libres, y los que se mezclan se distribuyen de manera uniforme.

Cuarta regla: la repulsión entre pares de electrones en capas llenas es mayor porque posee cargas iguales, por lo tanto se repelen al estar cerca, a diferencia de los pares de electrones en capas incompletas.

Quinta regla: cuando un átomo con una capa de valencia completa y uno o más pares de electrones solitarios se une a otro átomo que tiene su capa de valencia incompleta, se presenta la tendencia de los pares de electrones solitarios a transferirse parcialmente de la capa llena a la incompleta.

Sexta regla: en una capa de valencia que contenga cinco pares de electrones (donde no todos son equivalentes), aquellos pares que tengan mayor pares de vecinos cercanos estarán a una distancia mayor que los otros.

Las reglas anteriormente mencionadas sirven para la elaboración de las estructuras moleculares al determinar la forma, los ángulos, los enlaces y la hibridación que poseen las fórmulas químicas.

2.4.5 Modelado Molecular. Debido a la necesidad que se presentan en la educación para enseñar de una manera más didáctica las estructuras moleculares, han surgido diferentes estudios dedicados a buscar la forma de cómo enseñar la química por medio de representación que conllevan a un aprendizaje a largo plazo mediante la modelación. La modelación viene del concepto modelo (Chamizo, Garritz y Cruz 1987), que se define como una construcción (conceptual, palpable o matemática), que pretende simular algún ente o fenómeno real. El éxito de un modelo depende de la correspondencia entre las manifestaciones del sistema real que intenta representar y lo resultados emanados del modelo mismo. Se ha demostrado que en el proceso de aprendizaje los alumnos crean algún tipo de construcción simbólica –como una imagen- con el fin de codificar y relacionar la información y así hacerla más significativa (Chamizo 2006). Es decir, el estudiante asimila más los conceptos, mediante imágenes, que le permite correlacionarlos apropiándose del conocimiento. La geometría de las moléculas ayuda a percibir cómo está constituida la materia en el universo. Para entender su funcionamiento es indispensable conocer el arreglo espacial de las moléculas.

Hoy por hoy, se tiene muy en claro lo importante que es el material didáctico para la enseñanza, en especial para la enseñanza de las ciencias, mediante su ayuda, se estimula el proceso de aprendizaje de los estudiantes y su utilización abre cada día más nuevas e interesantes posibilidades.

Según Caamaño (2003), el empleo de modelos moleculares en los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación tiende puentes entre la abstracción y la construcción de imágenes mentales útiles en la educación, por lo tanto la utilización de estos modelos en el aula de clase contribuyen a cambiar la forma bidimensional como se ha venido enseñando las estructuras químicas, para

introducirlos en un mundo tridimensional donde toda la materia en sí, posee una forma. Además ayuda a reestructurar aquellos conceptos errados de que la química es ajena de la realidad, puesto que toda la materia que rodea su entorno posee estructuras moleculares, las cuales se representan mediante estos modelos, que determinan las propiedades químicas y físicas de las moléculas.

Para representar los modelos moleculares como parte del conocimiento de la química se esta empleando como una alternativa, el sistema de construcción espacial, tipo casquete de esfera perforada, que brinda a estudiantes y a maestros la posibilidad de abstraer, contrastar, integrar, argumentar y elaborar conceptos de manera individual a través de la experiencia sensitiva (contacto directo) con el material didáctico multiopcional (Castro P. 2007). Esta estrategia didáctica, logra la comprensión del conocimiento por medio de la interacción con los órganos de los sentidos (percepción, sensación, emociones) que desarrolla habilidades psicomotoras para el manejo de representación y explicaciones científicas a partir de modelos (Castro P. 2007).

Esto permite que el estudiante a través de una construcción molecular macroscópicas entienda cómo se conforma la materia, partiendo de lo particular a lo general interrelacionando las ciencias de la naturaleza que conlleva a consolidar términos difíciles de asimilar. Además cambia el modelo tradicional en donde el maestro induce a la memorización y el alumno se limita a escuchar y repetir, por un modelo constructivista en el cual la acción del maestro es orientar al estudiante para que construya su propio conocimiento a partir de sus propias experiencias.

Para entender como funciona este material didáctico se presenta a continuación una breve explicación del contenido del Kit:

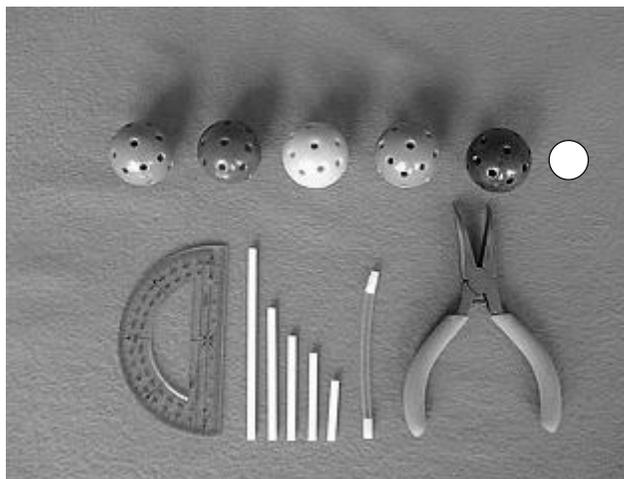


Figura 2.12 Contenido del Kit. (Castro P, 2007)

- 24 esferas plásticas con 26 perforaciones que poseen ángulos principalmente de 35° , 45° (ver figura 2.14), 55° , 90° , 60° (ver figura 2.15) que pueden formar ángulos mayores de 110° (ver figura 2.16), 120° y 180° , a partir de estos ángulos, se pueden construir figuras planas y espaciales, por ejemplo, al construir ángulos de 60 grados, se pueden armar triángulos equiláteros y figuras como el tetraedro y el octaedro por rotaciones específicas, con el ángulo de 90° es posible construir un cubo (Chamizo, 2007). Estos ángulos determinan el tipo de enlace que forman los átomos y la orientación o forma que presenta la molécula. Por ejemplo el agua presenta un tipo de enlace sencillo, indicando la existencia de ángulos de 110° , el cual toma una forma geométrica tetragonal. El kit posee un código de 5 colores que representa diferentes elementos químicos como: el Carbono de color negro, rojo al elemento Oxígeno, el Nitrógeno de color azul, verde a cualquier Halógeno (Flúor, Cloro, Bromo, Yodo) y el amarillo a cualquier elemento. Adicionalmente contiene seis pequeñas esferas blancas que representa el Hidrógeno (Ver figura 2.10).

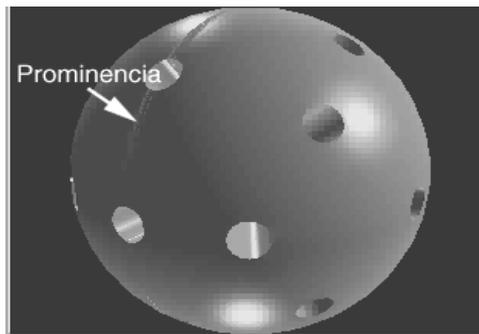


Figura 2.13 Prominencia, punto de unión de los dos casquetes, Tomado de Castro P. (2007)

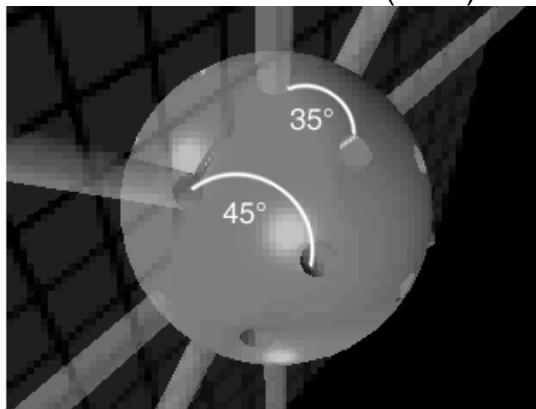


Figura 2.14 Representación de los ángulos de 35° y 45° , Tomado de Castro P. (2007)

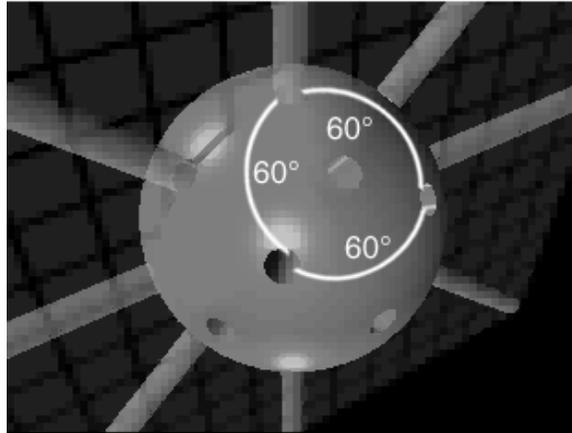


Figura 2.15 Representación del ángulo de 60° , tomado de Castro P. (2007)

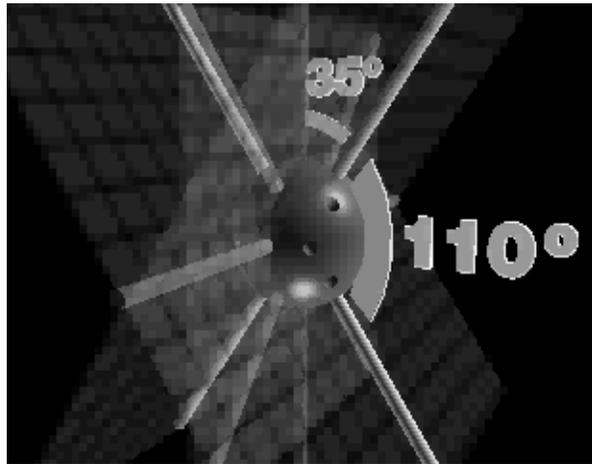


Figura 2.16 Representación del ángulo de 110° , tomado de Castro P. (2007)

- 250 conectores plásticos blancos de 4, 6 y 10 cm de largo que sirve para enlace sencillo (enlace sigma).
- 10 conectores plásticos flexibles azules de 10cm de largo que permiten representar los enlaces dobles o triples (enlace pi).
- Un transportador plásticos de 180° que se utiliza para corroborar los ángulos de las esferas.

Una pinza para ajuste que se utiliza modificar el grosor, el largo de los conectores plásticos.

El uso de este material didáctico es de gran importancia porque facilita el aprendizaje significativo al aclarar y explicar conceptos o teorías que de una manera unidimensional no es posible entender fácilmente, además permite al estudiante el desarrollo del área psicomotriz al manipular el material didáctico, por lo tanto accede a una enseñanza integral al desarrollar no solo la parte intelectual sino también el fortalecimiento motriz.

En el curso de química general se utiliza este Kit para abarcar temas como enlace químico, estructura de Lewis, hibridación, fórmula química, nomenclatura, entre otras. El tema de enlace químico, ofrece la posibilidad de generar en el estudiante un cambio conceptual, percibiendo la geometría molecular de una forma tridimensional, lo que no sucede cuando se explica en el tablero, a través de la manipulación directa del material didáctico, al permitir corregir los errores conceptuales que involucran el tema, aspecto muy importante, pues todas de las propiedades de las moléculas están entrañablemente relacionadas con su geometría, y el asumir una idea errónea, causa posiblemente dificultades posteriores, al proporcionarle bases para una mejor asimilación de conceptos. Por consiguiente es importante el uso de la modelación como herramienta en el desarrollo de la química, su utilización genera un conocimiento significativo acerca del mencionado tema, por ende es necesario un cambio actitudinal, en el que se involucre la introducción de nuevas estrategias didácticas para la enseñanza de la química.

2.4.6 Descripción de la estrategia didáctica. La estrategia didáctica (modelación) se lleva a cabo por medio del sistema de construcción espacial, tipo casquete de esfera perforada, que inicia con la asignación aleatoria de una fórmula química por estudiantes, quienes se apoyan entre sí en el proceso de construcción de los modelos, donde cada uno debe:

- Identificar el tipo de enlace, mediante la diferencia de electronegatividad de los elementos que constituyen el compuesto, cada caso podría corresponder a un tipo de enlace iónico si era mayor a 1.7 o covalente si era menor o igual a 1.7.
- Identificar en cada elemento el grupo al que pertenece, deduciendo el número de electrones de valencia para formar la estructura de Lewis, donde se observa el tipo de enlace de acuerdo a los pares de electrones compartidos o transferidos.

- Identificar el tipo de hibridación que tiene el compuesto, de acuerdo al tipo de enlace, que permite conocer el ángulo de enlace de la molécula.
- Por último se construye la estructura molecular, partiendo del código de colores que viene especificado en cada Kit para cada elemento o grupo. En ocasiones se presentan confusiones con los colores amarillos y verdes, ya que se utiliza para varios elementos químicos.

Luego de la elaboración de los modelos, el profesor revisa el trabajo por estudiante hecho en clases, en tal caso que se presenten dificultades en algunos de ellos, el docente busca la discusión y la participación más general posible, evitando dar la solución en su totalidad, sino que el estudiante construya y argumente los errores cometidos y corrija el modelo. Al finalizar se asigna el nombre del compuesto y ellos deben llegar a la fórmula y realizar todo el proceso anteriormente nombrado.

Partiendo de la estrategia didáctica se observa en cuanto al comportamiento del grupo tres aspectos relevantes en la investigación:

- **Conceptual:** la estrategia didáctica ejecutada permite un cambio conceptual en algunos estudiantes, que se ve reflejado en la estructura cognitiva final. Esto se debe a que el docente se esfuerza por no definir conceptos, más bien genera discusión y la participación del grupo, para luego reforzar inmediatamente con la representación, donde el estudiante asimila lo teórico con lo práctico.
- **Procedimental:** para la elaboración de las estructuras moleculares se observa en el grupo una buena asimilación en el manejo de las esferas perforadas, en cuanto a la ubicación de ángulos y la utilización de los colores de acuerdo al elemento químico, como parte fundamental en la elaboración de los modelos, además claridad en las funciones que tienen los palillos cortos, largos, medianos y los azules, lo que permite elaborar las estructuras con mayor agilidad. Este aspecto es de gran importancia por que refuerza conceptos y permite entender de una forma tridimensional como se encuentra estructurada la materia.
- **Actitudinal:** se observa gran fortalecimiento del trabajo grupal, aunque los ejercicios eran de forma individual, se apoyan entre ellos buscando un mayor bienestar, creando un ambiente de trabajo ameno, recibiendo las clases con

muy buena disposición. La estrategia didáctica empleada fue de gran agrado para el grupo en general.

Con esta estrategia didáctica la relación entre maestro-estudiante se debe enfocar en mejorar el aprendizaje, por lo tanto debe existir compromiso y participación para llevar a cabo un desarrollo intelectual donde la función del maestro sea la de proteger los procesos de construcción del estudiante con el saber colectivo culturalmente originado, es decir debe orientar y guiar explícita y deliberadamente actividades enfocadas al proceso de enseñanza, para que el estudiante sea autor en la construcción de su conocimiento, saberes que surgen de su cultura, lo que permite ser “un sujeto activo que manipula, explora, descubre, inventa, lee o escucha” (Díaz y Hernández) las ideas conceptuales que poseen otros, empleando metodologías didácticas en la selección y organización del contenido curricular tomando en cuenta las capacidades cognitivas de los estudiantes.

3. METODOLOGIA

3.1 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población escogida para la investigación corresponde a los estudiantes del primer semestre de Química General de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Surcolombiana de Neiva, inscritos en el período 2009-2, con un número de 30 estudiantes. La escogencia de esta población obedece a: formar a futuros maestros del área de ciencias naturales, tener los elementos didácticos necesarios para la ejecución de los conceptos sobre enlace químico mediante la modelación, tema que se abarca con profundidad en el microdiseño del curso de Química General, que es abordada en el primer semestre.

La muestra corresponde a la población de estudio que presenta aspectos tales como: homogeneidad en sexo, edades promedio de 17 años, las horas destinadas a la semana son cinco en el área de química general y poseen el mismo nivel de conocimiento de la temática.

3.2 PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACIÓN

El objetivo de esta investigación es determinar el grado de aprendizaje alcanzado, por los estudiantes de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental del primer semestre sobre el concepto de enlace químico mediante el empleo de la modelación a través del sistema de construcción espacial, tipo casquete de esfera perforada. Por tanto, se elige el método experimental, el cual permite evidenciar la relación causa-efecto, que es lo que se pretende saber; si influye en el grado de aprendizaje de conceptos sobre enlace químico el uso de la modelación, aislando las causas del fenómeno, y de esta manera establecer si dentro de estas causas está la que se menciona en el objetivo, además de que es un método que pone al investigador en contacto directo con la población de estudio.

La técnica que se utiliza es el cuestionario (pre-test y post-test) que va a permitir resolver la importancia del uso de la modelación, cuando es debidamente comprendida, ayuda al estudiante a predecir y entender el enlace químico, aspecto que se pretenden enfatizar, por lo tanto es importante analizar ¿Cuál es el grado de aprendizaje alcanzado, por los estudiantes de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental del primer semestre sobre el concepto de enlace

químico mediante el empleo de la modelación a través del sistema de construcción espacial, tipo casquete de esfera perforada?. Para ello la variable independiente, que se hará variar, es la modelación, y la variable dependiente, que variara o no en función de las variaciones de la variable independiente (Giroux and Tremblay), es el grado de aprendizaje.

Además se utiliza la técnica de observación en el medio natural, al permitir analizar el comportamiento tal como se presenta en la realidad; aproximándose a los estudiantes de manera que ellos primero construyan la estructura de Lewis para un compuesto y luego construyan la molécula, identificando así su conocimiento sobre enlace químico, y de esta manera lograr determinar si tiene incidencia manejar conceptos referentes a la modelación. Esta técnica se implementa, para luego ser sistematizada, no participante y disimulada, con el fin de no alterar la información.

La naturaleza cuasiexperimental del proyecto involucra el empleo del método experimental propuesto por Giroux and Tremblay (2004), el cual se adopta en las tres fases que a continuación explican detalladamente.

3.2.1 Etapa Preliminar. La investigación se realiza en una población estudiantil de la Universidad Surcolombiana, inscritos en el segundo período del año 2009, para cursar el primer semestre del programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, en el área de la química general, con características similares como la edad, la oportunidad de utilizar los materiales y espacios que ofrece la Universidad.

Con el fin de determinar cuál es el grado de aprendizaje sobre el concepto de enlace químico como variable dependiente, sobre la modelación como variable independiente, se opta por tomar este grupo experimental de estudiantes debido a que existe la posibilidad de observarlo dentro de una “realidad única y objetiva” (Narváz 2008), con el fin de demostrar la evolución cognitiva sobre conceptos de enlace químico teniendo en cuenta los preconceptos, las estrategias didácticas empleadas por el docente, como la simulación y utilización del sistema de construcción espacial tipo, casquete de esfera perforada (CASTRO P. 2007) que permite comprender como están constituidas las sustancias.

Para conocer las ideas previas que los estudiantes tienen acerca de la modelación se utiliza un pre-test, de acuerdo a la Escala de Likert, la más utilizada en las investigaciones, en donde normalmente hay cinco posibles respuestas que incluyen el nivel de acuerdo hasta el nivel de desacuerdo. Al emplear esta escala

es necesario que los ítems abarquen equilibradamente las cinco posibles respuestas. El cuestionario (ver anexo B), es realizado bajo un plan de evaluación (anexo A) que contiene los conceptos más importantes para entender el enlace químico con el uso de la modelación. Este instrumento es la herramienta más apropiada para conocer el grado de aprendizaje que tienen los estudiantes al iniciar y al finalizar los contenidos temáticos.

El cuestionario antes de ser ejecutado se debe pilotear siguiendo los lineamientos de Giroux and Tremblay (2004), se selecciona al azar a estudiantes de diferentes semestres de la carrera, que presentan características similares a las del grupo objeto de estudio (Narváez 2008). Para estipular la validez se lleva a los expertos en el área, para que determinen si el cuestionario involucra conceptos ligados al tema de investigación, la validez se calcula a través del uso de los coeficientes de validez de contenido y de criterio, propuestos por Cohem y Swerdlik (2001) y Aiken (2003). La confiabilidad del cuestionario es establecida por medio de la desviación estándar, la varianza, los coeficientes de Cronbach y la razón de contenido propuestos por los mismos autores. El coeficiente de validez es calculado con el siguiente algoritmo según Cohem y Swerdlik (2001b).

$$CRV = \frac{n_e - N/2}{N/2}$$

En donde CRV es la razón de validez de contenido, n_e es el número total de expertos y N es el número de experto que considera esencial el ítem o reactivo en análisis (Narváez 2008). El juicio de los 3 expertos consultados se relaciona en la siguiente tabla.

Tabla 1.1 Índice de Validez de contenido de cuestionario

Experto	Ítems del cuestionario																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0
3	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1
TOTAL	2	3	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2
CRV	0.6	1.0	0.6	0.6	0.6	0.6	1.0	1.0	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	1.0	0.6	0.6	0.6

La definición de la confiabilidad se calcula con el coeficiente alfa de Cronbach, el cual requiere la desviación estándar de los ítems constituyentes de la prueba propuesta por Cohem y Swerdlik (2001 a), proponen el siguiente algoritmo para tal cálculo:

$$\alpha = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left(1 - \frac{\sum S^2}{S^2} \right)$$

En donde α es el coeficiente de Cronbach, K es el número de estudiantes y S^2 la varianza.

$$\alpha = \left(\frac{30}{30-1} \right) \left(1 - \frac{3.56}{5.03} \right)$$

$$\alpha = 0.30$$

Al calcular la confiabilidad mediante el coeficiente alfa de Cronbach arroja un valor de 0.30, indicando un alto grado de dificultad que genera una gran confiabilidad.

3.2.2 Etapa de Campo. A la población de estudio se le aplica inicialmente un pre-test, y se observa durante el tiempo previsto para la ejecución del contenido temático, utilizando como estrategia didáctica la modelación del enlace químico; para ello, es necesario realizar prácticas de laboratorio, en donde los estudiantes realizan un modelo molecular partiendo del nombre de un compuesto, de allí elaboran las estructuras de Lewis, determinar los tipos de enlaces y ángulos, luego mediante el sistema de construcción espacial, tipo casquete de esfera perforada, diseñan la molécula.

Al finalizar la etapa de campo se realiza el post-test, que contiene las mismas preguntas empleadas en el pre-test, para determinar el estado final de la estructura cognitiva del grupo y corroborar la hipótesis planteada en la investigación.

3.2.3 Etapa de Resultados. La recolección de datos se efectúa en cada una de las etapas propuestas. En la etapa de campo se aplica el pre-test, que consiste en un cuestionario con 20 afirmaciones, basadas en los conceptos más relevantes de la modelación. Una vez se aplica el pre-test, se observa al grupo experimental durante el manejo del contenido temático sobre enlace químico. Al finalizar la

observación del grupo experimental se aplica el post-test (el mismo pre-test), para medir el grado de aprendizaje sobre enlace químico a partir del empleo de la modelación.

La estructura cognitiva inicial y final se califica de acuerdo a los conceptos involucrados en el estudio y la respuesta que cada estudiante dio. La tabla 3.2 muestra unos juicios de valor dada a cada respuesta de acuerdo a la escala Likert teniendo en cuenta que la opción de respuesta correcta, es totalmente de acuerdo.

Tabla 3.2 Cuantificación de las respuestas correspondientes a los conceptos objeto de estudio.

Respuestas	Valor puntos
Totalmente de acuerdo	5
De acuerdo	4
Sin opinión	3
En desacuerdo	2
Totalmente en desacuerdo.	1

Al ocurrir lo contrario, la valoración se invierte para otorgar mayor puntaje a la opción de respuesta correcta, totalmente en desacuerdo tal como lo muestra la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Cuantificación de las respuestas correspondientes a los conceptos objeto de estudio.

Respuestas	Valor puntos
Totalmente de acuerdo	1
De acuerdo	2
Sin opinión	3
En desacuerdo	4
Totalmente en desacuerdo.	5

Después de cuantificar cada una de las respuestas, es necesario organizarlas en una matriz que permita hacer el análisis estadístico pertinente.

Los datos obtenidos en la fase de campo (pre-test y post-test) son sistematizados y sometidos a cálculos estadísticos descriptivos e inferencial, que permite mostrar las medidas de tendencia central como la media, moda, mediana, entre otras y de desviaciones de la muestra; los cuales ayudan a determinar las diferencias fundamentales de la estructura cognitiva inicial y final y corroborar la hipótesis propuesta.

Los datos o resultados de la prueba comprueban si efectivamente influye en la construcción de la geometría molecular de determinado compuesto, el no poseer unos preconceptos bien establecidos y fundamentados sobre la modelación. Dependiendo de los resultados se puede deducir si se logra el objetivo, “el grado de aprendizaje alcanzado por los estudiantes de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental del primer semestre sobre el concepto de enlace químico mediante el empleo de la modelación a través del sistema de construcción espacial, tipo casquete de esfera perforada”; como también se puede presentar que además del objetivo de investigación tengan incidencia otras causas, que también validara el objetivo y será parte importante del trabajo de investigación pues se tendrá en cuenta cuando se presenten los resultados, analizando su incidencia en el fenómeno.

4. RESULTADOS

A continuación se describe los datos correspondientes a la estructura cognoscitiva inicial y final del grupo objeto de estudio.

4.1 ESTRUCTURA COGNOSCITIVA INICIAL DEL GRUPO OBJETO DE ESTUDIO

Las respuestas dadas por los estudiantes, del primer semestre de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Surcolombiana en el pre-test, son sometidas a sistematización, basadas en las tablas 3.2 y 3.3, que se especifican en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 .Estructura cognoscitiva inicial del grupo objeto de estudio.

CASOS	ITEMS																				PUNTAJE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	5	5	5	4	2	2	5	3	4	3	3	4	2	5	3	4	2	3	2	3	69
2	5	5	1	4	1	3	1	4	3	4	3	5	3	4	4	3	5	4	3	4	69
3	5	5	1	5	2	2	5	1	4	3	3	5	2	4	5	5	4	4	2	2	69
4	4	5	3	4	5	2	5	1	4	3	4	4	1	5	2	5	2	4	3	5	71
5	5	5	5	3	3	4	5	3	4	3	3	4	3	3	3	2	4	3	2	5	72
6	5	5	2	5	2	2	2	5	4	2	3	5	3	3	2	2	4	4	3	3	66
7	5	4	2	4	2	3	5	2	5	5	3	5	2	4	2	4	3	3	2	2	67
8	5	5	1	4	2	3	5	1	3	3	3	5	1	5	2	4	3	4	3	3	65
9	5	5	1	5	2	3	5	1	3	3	3	5	2	4	2	4	3	4	3	3	66
10	5	5	2	4	3	4	4	1	1	4	5	5	1	4	1	5	1	5	1	1	62
11	5	4	1	4	2	1	4	3	4	3	3	4	4	4	5	5	3	3	3	5	70
12	5	5	1	4	5	4	5	1	4	5	3	5	4	5	5	1	4	4	3	5	78
13	5	5	2	5	5	2	2	2	5	5	3	5	2	5	5	2	3	4	3	3	73
14	5	5	3	5	5	3	5	1	3	2	3	5	2	5	4	4	3	3	4	5	75
15	5	4	1	4	3	5	5	2	4	2	3	5	1	4	4	5	5	5	3	2	72
16	5	5	1	5	5	4	4	1	5	4	2	4	1	4	5	5	4	5	2	1	72
17	1	5	5	4	1	4	1	1	1	1	3	1	5	4	1	5	1	3	5	4	56
18	1	5	5	4	1	4	1	1	1	1	3	5	5	4	1	5	1	3	3	4	58
19	4	4	5	4	2	2	4	2	2	5	4	4	5	5	5	4	2	4	4	5	76
20	5	5	2	4	2	5	2	2	3	2	3	5	1	1	3	4	3	3	3	3	61

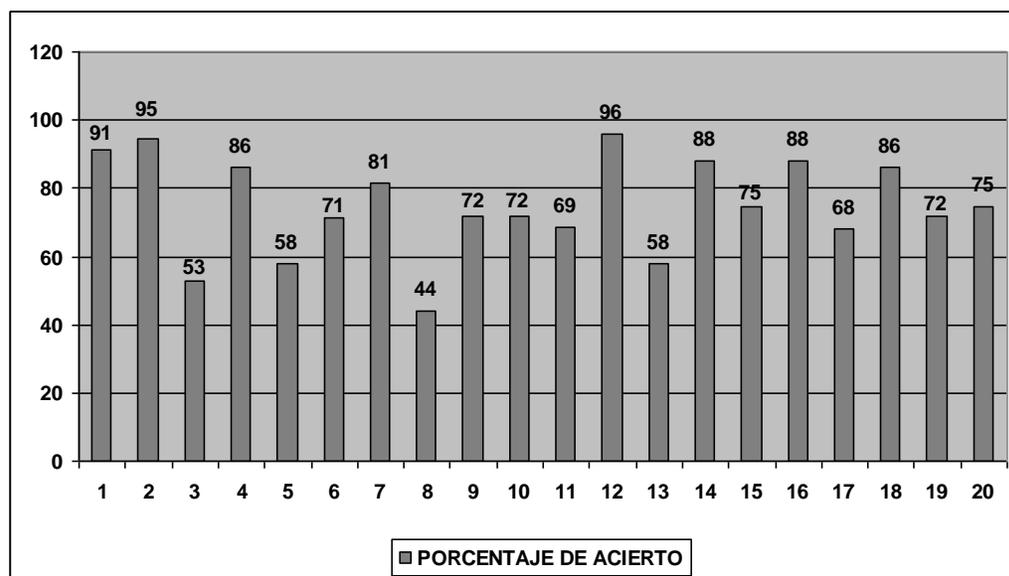
CASOS	ITEMS																				PUNTAJE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
21	5	5	5	4	3	4	4	1	5	4	3	5	2	4	3	3	3	3	3	3	72
22	4	5	4	4	2	4	3	2	3	3	3	5	4	2	4	3	1	3	3	3	65
23	5	5	3	4	5	5	5	2	2	2	3	5	2	2	2	4	3	4	3	2	68
24	5	5	1	4	4	4	5	1	5	3	1	5	1	4	3	5	3	5	5	1	70
26	4	4	2	4	2	5	4	5	2	2	4	2	2	2	5	4	2	2	4	2	63
27	4	2	1	5	5	3	5	1	4	4	3	1	4	4	3	3	3	5	1	1	62
28	4	4	5	4	1	4	4	4	4	3	3	5	1	5	2	4	3	4	3	3	70
29	5	4	4	5	2	5	4	2	3	5	3	4	2	5	3	2	3	4	3	3	71
30	5	5	1	4	1	4	4	1	1	5	3	5	5	4	5	5	1	3	3	5	70
TOTAL	137	142	79	129	87	107	122	66	108	108	103	144	87	132	112	132	102	129	108	112	2036
% acierto	91	95	53	86	58	71	81	44	72	72	69	96	58	88	75	88	68	86	72	75	67.87

De acuerdo con la tabla 4.1 se obtiene los siguientes datos:

De los 20 ítems evaluados, los conceptos con mayor grado de significación del grupo son las estructuras de Lewis, enlace iónico y enlace químico, con un acierto 96%, 95% y un 91%, respectivamente, sin dejar de lado con un 88% los posibles enlaces formados por el oxígeno.

Por otra parte los que presentan mayor dificultad cognitiva son los temas que tiene que ver con oxido-reducción, el concepto enlace covalente y su identificación a partir de la electronegatividad con un acierto de 44%, un 53% y 58% respectivamente.

En la gráfica 4.1 se muestra inicialmente el punto de partida conceptual grupo en cada uno de los ítems establecidos en el pre-test.



Gráfica 4.1 Grado de significación inicial de los conceptos objeto de estudio.

El grupo en general tiene inicialmente un manejo conceptual de un 67.87% de aprendizaje, el cual es producto de los preconceptos logrados en su vida escolar.

Al sistematizar los datos, es necesario calcular las principales medidas de tendencia central, para docimar la hipótesis planteada en la investigación. En la tabla 4.2 se muestra las medidas de tendencias correspondientes al pre-test.

Tabla 4.2. Medidas de tendencia central del pre-test

Desviación Estándar	Varianza	Media	Mediana	Moda	Máximo	Mínimo	Puntaje Total	% de Acierto
5.43	29.50	67.43	69	72	78	56	2036	67.87

Con las anteriores medidas se identifica el estado cognitivo que posee el grupo sobre conceptos de enlace químico al inicio de la investigación. Como se muestra en la tabla 4.1 el grupo en general presenta un grado de acierto 67.87% con respecto a los 20 ítems planteados en el pre-test; lo que permite deducir que los estudiantes poseen buenas bases conceptuales para desarrollar la temática propuesta en el microdiseño del primer semestre en el curso de química general. Del pre-test aplicado se deducen los siguientes resultados:

- El puntaje teórico máximo de la prueba es de 3000 puntos, con un promedio teórico de 1500 puntos; por consiguiente al relacionar con el puntaje obtenido por el grupo equivalente a 2036 puntos, que el promedio teórico es superado en 536 puntos, indicando que poseen una aceptable estructura cognitiva inicial.
- Por estudiante el valor mínimo de la prueba es de 56 puntos de 100 puntos posibles; de igual manera, el valor máximo alcanzado es de 78 puntos, los demás valores se encuentra entre estos dos rangos.
- El dato que más se repite en los resultados equivale a 72, correspondiendo a la moda.
- El promedio de acierto del grupo equivale a 67.43 puntos, superado en 17.43 al promedio teórico, demostrando que los estudiantes presentan un manejo aceptable de los diferentes conceptos sobre enlace químico.
- La desviación estándar correspondiente a 5.43 es relativamente baja, lo cual indica que el grado de dispersión logrado por los 30 estudiantes del primer semestre de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental es homogéneo.
- La varianza de 29.50, como cuadrado de la desviación estándar, es el valor tenido en cuenta para estimar la prueba Z, con la cual se comprueba la hipótesis propuesta.
- La mediana que corresponde a 69, indica el valor central de los datos obtenidos por los 30 estudiantes del primer semestre.

Las Medidas de Tendencia Central en general indican un grado aceptable en su estructura cognoscitiva en relación a los conceptos sobre enlace químico.

4.2 ESTRUCTURA COGNOSCITIVA FINAL DEL GRUPO OBJETO DE ESTUDIO

Las respuestas dadas por los estudiantes, del primer semestre de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Surcolombiana,

en el post-test, son sometidas a sistematización basadas en el manual de codificación a partir de las tablas 3.2 y 3.3, se detallan en la tabla 4.3.

Tabla 4.3 .Estructura cognoscitiva final del grupo objeto de estudio.

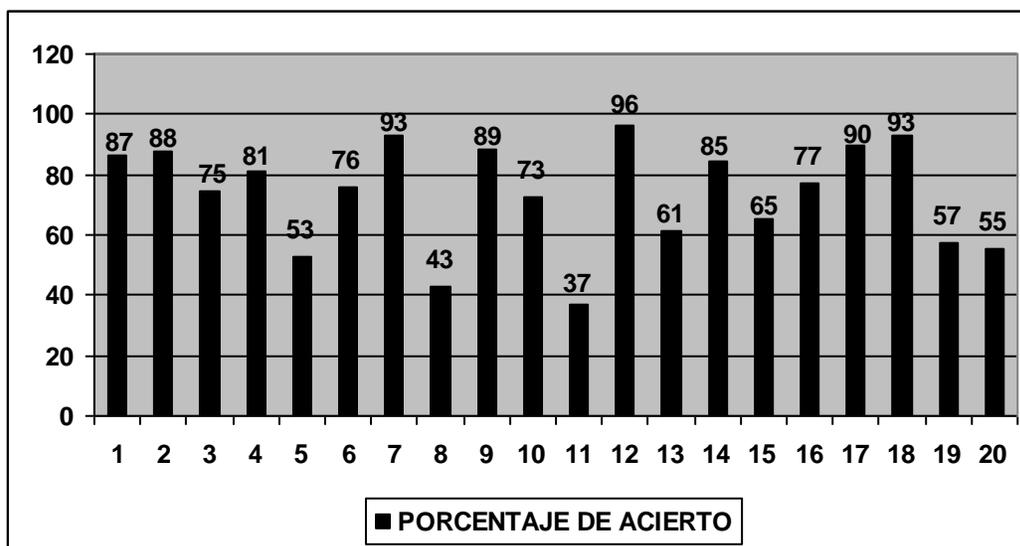
CASOS	ITEMS																				PUNTAJE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	5	5	5	4	5	5	5	2	5	5	2	5	4	2	5	2	5	5	2	2	80
2	5	5	5	4	1	4	4	1	5	4	4	5	1	4	4	2	5	4	5	3	75
3	5	5	5	4	3	2	4	2	3	4	2	5	3	4	5	4	3	4	1	1	69
4	5	5	1	5	2	2	5	1	5	5	1	5	1	5	5	2	2	4	2	2	65
5	5	1	1	1	4	5	5	2	5	5	2	5	5	4	4	5	5	5	4	2	75
6	4	1	1	4	1	5	5	2	5	5	2	5	5	4	1	5	5	5	3	2	70
7	5	5	5	4	1	4	5	5	5	5	2	5	4	4	2	4	5	5	1	2	78
8	5	4	5	5	1	5	4	1	5	4	2	5	1	5	2	4	5	5	5	2	75
9	1	5	5	4	2	5	5	4	5	1	1	5	5	4	1	5	5	5	5	4	77
10	5	5	4	4	5	4	5	5	4	5	2	5	5	4	2	4	5	4	4	2	83
11	5	5	5	4	4	4	5	3	5	5	2	5	1	5	2	4	5	5	4	2	80
12	4	4	4	5	2	5	4	2	2	5	2	5	4	5	5	4	4	4	2	3	75
13	1	5	5	4	1	5	5	4	5	1	1	5	5	4	1	5	5	5	5	4	76
14	1	5	5	4	3	3	5	4	5	2	1	3	5	4	1	5	5	5	5	4	75
15	5	5	1	4	2	5	5	1	3	4	1	3	1	4	4	5	5	5	2	5	70
16	4	2	4	4	1	4	4	2	5	3	2	5	1	5	2	5	4	5	5	3	70
17	4	3	5	4	2	4	5	2	5	3	2	5	1	4	2	5	5	5	1	5	72
18	5	5	1	5	2	5	4	3	5	2	2	4	4	5	4	4	5	5	2	2	74
19	5	4	4	5	2	5	4	1	5	5	1	5	1	5	5	5	5	3	2	2	74
20	1	5	1	4	5	1	5	1	1	4	1	5	1	4	3	4	3	5	1	2	57
21	5	5	5	3	4	4	4	1	5	3	2	5	1	4	2	5	5	5	1	3	72
22	5	3	1	5	5	2	5	1	5	5	1	5	5	5	5	3	4	4	2	5	76
23	5	5	4	4	2	2	4	2	5	3	1	5	4	4	4	4	5	5	2	1	71
24	5	5	4	4	2	2	5	2	5	3	1	5	4	4	4	4	5	5	2	2	73
25	5	5	5	4	5	2	4	3	5	3	2	5	2	5	3	5	5	4	3	3	78
26	5	5	1	4	1	4	5	1	5	1	3	5	5	4	5	1	5	5	5	4	74
27	5	5	5	4	1	4	5	1	5	1	3	5	5	4	4	1	5	5	1	4	73
28	5	5	5	4	4	3	5	1	1	3	1	5	3	4	1	5	4	5	4	1	69
29	5	5	5	4	5	5	4	2	4	5	4	4	4	4	5	4	2	5	2	5	83
30	5	5	5	4	1	4	5	2	5	5	2	5	1	4	5	1	4	3	3	1	70
TOTAL	130	132	112	122	79	114	139	64	133	109	55	144	92	127	98	116	135	139	86	83	2209
% ACIERTO	87	88	75	81	53	76	93	43	89	73	37	96	61	85	65	77	90	93	57	55	73,63

De acuerdo con la tabla 4.3 se obtiene los siguientes datos:

De los 20 ítems evaluados, los conceptos mejor resignificados por el grupo experimental, luego de implementar la estrategia didáctica, corresponde a la definición de las estructuras de Lewis con un acierto del 96%, seguida de los conceptos de oxido-reducción y construcción espacial con acierto 93%, sin dejar de lado con un 90% el principio de repulsión, indicando que los conceptos explicados sobre los temas anteriores, fueron asimilados parcialmente.

Por otra parte los conceptos que presentan mayor dificultad de aprendizaje son los temas que tiene que ver con hibridación con un acierto de 37%, seguida de oxido-reducción con un acierto de 43%, la identificación de enlace covalente a partir de la electronegatividad con un 53%.

En la gráfica 4.2 se muestra inicialmente el grado de aprendizaje alcanzado por el grupo experimental en cada uno de los ítems establecidos en el pre-test.



Gráfica 4.2 Grado de significación final de los conceptos objeto de estudio.

El grupo logra un manejo conceptual de un 73.63% de aprendizaje significativo, producto la estrategia didáctica empleada durante el desarrollo del tema de enlace químico.

Al sistematizar los datos del post-test, es necesario calcular las principales medidas de tendencia central, que permita validar la hipótesis planteada en la investigación. En la siguiente tabla se muestra las medidas de tendencias correspondientes al post-test.

Tabla 4.4 Medidas de tendencia central del post-test.

Desviación Estándar	Varianza	Media	Mediana	Moda	Máximo	Mínimo	Puntaje Total	% de Acierto
5.21	27.14	73.25	74	75	83	57	2209	73.63

Con las anteriores medidas se identifica el estado cognitivo final que posee el grupo sobre concepto de enlace químico al finalizar la investigación. Como se muestra en la sección 4.2 el grupo en general presenta un grado de acierto 73.67% con respecto a los 20 ítems planteados en el post-test, lo que demuestra el incremento en un 5,76% en cuanto al manejo inicial de conceptos en la temática.

Del post-test aplicado se deducen los siguientes resultados:

- El puntaje de grupo equivalente a 2209 puntos, supera el promedio teórico en 709 puntos indicando que al finalizar la investigación mejoró su estructura cognitiva, en relación con la estructura cognoscitiva inicial cuya diferencia es superada en 173 puntos.
- Por estudiante el valor mínimo de la prueba es de 57 puntos de 100 puntos posibles, de igual manera, el valor máximo alcanzado es de 83 puntos, los demás valores se encuentra entre estos dos rangos.
- El dato que más se repite en los resultados equivale a 75, correspondiendo a la moda.
- El promedio del grupo equivale a 73.25 puntos, superado en 23.25 al promedio teórico, demostrando que los estudiantes presentan un manejo aceptable de los diferentes conceptos sobre concepto de enlace químico.
- La mediana que corresponde a 74, indica el valor central de los datos obtenidos por los estudiantes del primer semestre de Licenciatura en Ciencias Naturales.
- La varianza de 27.14, como cuadrado de la desviación estándar es el valor tenido en cuenta para estimar la prueba Z, con la cual se docima la hipótesis

propuesta, en relación con la varianza del post-test presenta una disminución de 2.36.

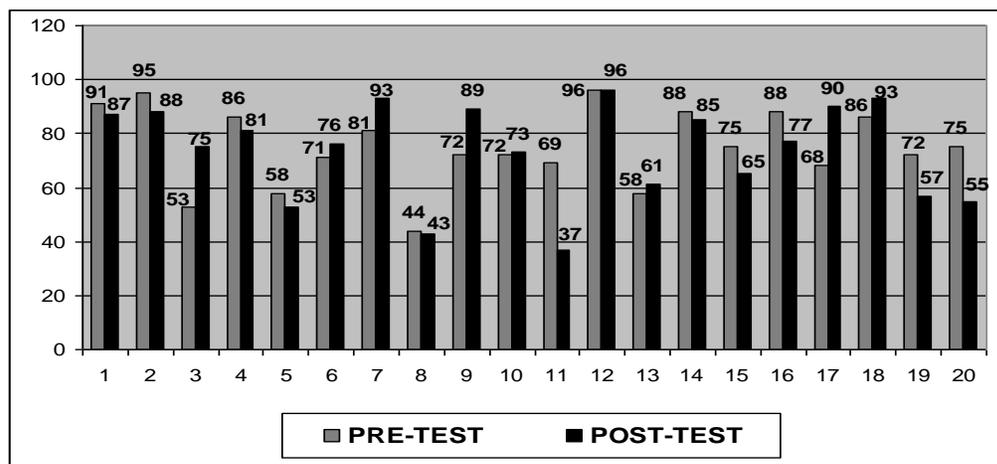
- La desviación estándar correspondiente a 5.21 es baja, lo cual indica que el grado de dispersión logrado por los 30 estudiantes es homogéneo.

Las Medidas de Tendencia Central en general indican un grado de aprendizaje mayor con respecto a la estructura cognoscitiva inicial en relación a los conceptos sobre enlace químico.

4.3 DIFERENCIA DE APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO ALCANZADO

La metodología empleada para la modelación permite lograr un grado de aprendizaje significativo de 73.63% referentes a los conceptos de enlace químico, con respecto al obtenido en el pre-test de un 67.87%, presentando una diferencia de 5.76% de conocimiento significativo con relación a los 20 ítems que contiene los conceptos sobre modelación, superando el 5% planteado por Runyon y Haber (1986), para estas experiencias.

Se debe decir que la estrategia didáctica (modelación) empleado para la alcanzar un aprendizaje significativo sobre conceptos de enlace químico, es significativo debido a que supera al tope establecido. Sin embargo se demuestra que se presentan ciertas deficiencias en la asimilación de algunos conceptos como: la formación de la estructura molecular, principalmente en los enlace pi que forman enlaces doble y triples. En la gráfica 4.3 se contrasta los resultados del pre-test y del post-test.



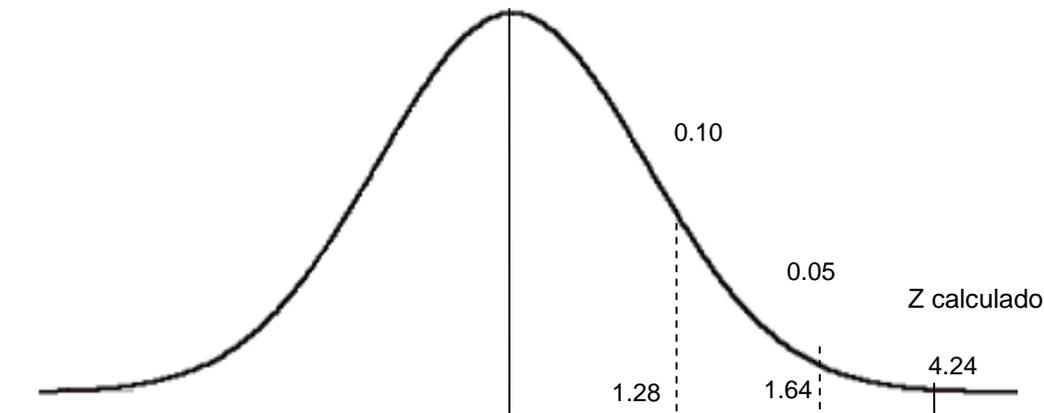
Gráfica 4.3 Diferencia de la estructura cognitiva

La gráfica 4.3 muestra que algunos conceptos fueron más asimilados que otros, indicando un aumento en la estructura cognoscitiva final (enlace covalente, oxido reducción, concepto de hibridación, ubicación de los enlaces), debido a la estrategia didáctica empleada.

4.4 PRUEBA DE HIPÓTESIS

La prueba Z se utiliza para demostrar que el grado de aprendizaje alcanzado depende de la modelación, por lo tanto es necesario hacer uso del siguiente algoritmo inferencial propuesto por Martínez (2006):

$$z = \frac{\overline{X_f} - \overline{X_i}}{\sqrt{\frac{s_i^2 + s_f^2}{n}}}$$
$$Z = \frac{73,25 - 67,43}{\sqrt{\frac{29,50 + 27,14}{30}}} = 4,24$$



Gráfica 4.4 Prueba de Hipótesis

El valor z hallada se encuentra en la zona de alta significancia de la curva normal con un intervalo menor a 0.05, por lo tanto se acepta que el grado de aprendizaje alcanzado sobre el concepto de enlace químico depende del empleo de la modelación a través del sistema de construcción espacial, tipo casquete de esfera perforada.

Después de sistematizar la información, el grupo objeto de estudio logra un 5.76% de aprendizaje significativo de los conceptos de enlace químico, teniendo en cuenta la influencia del uso de la modelación a través del sistema de construcción espacial, tipo casquete de esfera perforada.

5. CONCLUSIONES

Con el transcurrir de los años, los investigadores en el campo de la educación se han dedicado a tratar de entender y explicar la manera cómo los estudiantes transforman la información adquirida en la sociedad en un conocimiento, a partir de los avances científicos y tecnológicos que conllevan a una estrategia didáctica acorde a las metas que se pretenden alcanzar en el aula de clase.

Tal como se evidencia en la investigación, la metodología empleada en el aula de clase, permite al estudiante desarrollar las competencias conceptual, procedimental y actitudinal, mediante el empleo de la modelación a través del sistema de construcción espacial, tipo casquete de esfera perforada como estrategia didáctica para acceder a un aprendizaje significativo, que reestructure el conocimiento.

Al sistematizar y analizar los datos obtenidos en la investigación por medio de las medidas de tendencia central se permite alcanzar el objetivo propuesto:

- Como se muestra en los resultados, el grupo objeto de estudio logra un aumento significativo de 5.76% en su estructura cognitiva, evidenciado en el porcentaje de acierto inicial de 67.87% y finaliza con un 73.63% de conocimiento sobre enlace químico. Estos datos demuestran que el porcentaje es significativamente pequeño, pero supera el 5% planteado por Runyon y Haber (1986) para estas experiencias, siendo el grado de aprendizaje aceptable para la investigación.
- Esto indica que la estrategia metodológica empleada (modelación), es una manera de alcanzar un aprendizaje significativo para conceptos inherentes al enlace químico, teniendo en cuenta que los resultados iniciales y final varían, en algunos conceptos se observa notablemente el enriquecimiento en la estructura cognitiva como también se evidencia lo contrario. Por lo tanto la información recibida de algunos conceptos no fue asimilada correctamente, de la misma forma como ocurre con otros. (Ver gráfica 4.3). Se evidencia que los preconceptos son difíciles de cambiar pero si modificar a pesar de expensivo que puede ser.
- El uso del material didáctico del sistema de construcción espacial, tipo casquete de esfera perforada, permite que el trabajo en grupo sea de mayor significancia, debido a que se manifiesta más interés por parte de los

estudiantes en adquirir conocimiento sobre enlace químico, a entender el manejo del material didáctico, que permite el apoyo en la elaboración de las estructuras moleculares y con ello al enriquecimiento grupal por medio de la interacción de las ideas. La implementación de este material didáctico ayuda al estudiante a lograr un aprendizaje sustentable a partir de la información recibida que es asimilada para convertirse en conocimiento, como lo plantea Galagosky (2004), siendo participe de la construcción del mismo.

RECOMENDACIONES

Las autoras plantean algunas recomendaciones:

- A través de la Facultad de Educación se capacite a docentes del área de química sobre el uso de la modelación a través del sistema de construcción espacial, tipo casquete de esfera perforada, que sirva para el sistema de ascenso de escalafón y permita mejorar en el quehacer didáctico.
- Hacer el uso del sistema de construcción espacial, tipo casquete de esfera perforada, en la práctica pedagógica y en los cursos de didáctica presentes en la carrera, además es importante aplicarlo en la básica secundaria y media para los grados 8 y 10 sin dejar de lado la básica primaria
- Ampliar la investigación realizando comparaciones entre dos grupos (experimental y de control), que permita tener una mayor certeza del grado de aprendizaje, en colaboración con los docentes encargados de los grupos.
- Pretende generar un cambio en el manejo de las estrategias didácticas empleadas por los docentes que se encuentran inmersos en la formación de nuevos educadores, implementando el uso del aprendizaje sustentable, debido a que este proceso permite reforzar los conocimientos creando un aprendizaje a largo plazo.
- Implementar el sistema de construcción espacial, tipo casquete de esfera perforada, no solo para el estudio de la química sino también para el manejo de conceptos de biología y disciplinas a fines de estas dos.

REFERENCIAS

AUSUBEL, David P.; NOVAK, Joseph D. y HANESIAN, Helen. Psicología Educativa: un punto de vista cognoscitivo. México: Editorial Trillas, 1976.

BELLO, Silvio. Ideas previas y cambio conceptual. En: Educación Química. Vol; 3. No. 15; (Julio 2004) p. 217.

BROWN, Theodore L., BURSTEN, Bruce E. Y BURDGE, Julia R. Química. La ciencia central. 9 ed. México: Editorial Pearson Prentice Hall, 2004.

CAAMAÑO ROS, Aureli. La enseñanza de la química en el inicio del nuevo siglo. En: Educación Química. Enero 2001, Vol; 1. No 12 p. 7-15

CASTRO P. Luis A. Sistema de Construcción Espacial "Tipo Casquete de Esfera Perforada". Procesos para el desarrollo del pensamiento. Geometría Transformacional. BOGOTA – COLOMBIA 2007

_____ (2001b.) Validez. _____. Cuarta edición. México: McGraw-Hill.

CHAMIZO, José Antonio. MARQUEZ, José Rutilo. Modelación Molecular: Estrategia didáctica sobre la constitución de los gases, la función de los catalizadores y el lenguaje de la química. En: Revista Mexicana de Investigación Educativa. Octubre - Diciembre 2006, Vol.; 11 No 31. p. 1241-1257

CHAMIZO, José Antonio; NIETO, Elizabeth y SOSA, Plinio. La enseñanza de la química: Tercera parte. Evaluación de los conocimientos de química desde secundaria hasta licenciatura. En:

CHAMIZO, José Antonio y SOSA, Plinio. La enseñanza de la química. Segunda parte. El ingreso al posgrado. En: Educación Química. Vol.; 4 No 13. (Oct, 2002) p. 254-258.

CHANG, Raymond. Átomos, moléculas e iones. En: Química General. 1992. páginas 50, 54 y 55.

COHEM, R. y SWERDLIK, M. (2001^a.) Confiabilidad. En Pruebas y Evaluación Psicológicas: Introducción a las pruebas. Cuarta edición. México: McGraw-Hill.

CRUZ-GARRITZ, Diana; CHAMIZO, José Antonio y GARRITZ Andoni. Modelos químicos del átomo y sus enlaces. En: Estructura Atómica. Un enfoque químico. México. Addison-Wesley Iberoamericana. p. 205- 302

_____ ; _____ y _____. Descubrimiento del espín electrónico y complementación del modelo de Lewis-Langmuir. En: Estructura Atómica. Un enfoque químico. México. Addison-Wesley Iberoamericana. p. 305-356

DE POSADA, José María. Concepciones de los alumnos sobre enlace químico antes, durante y después de la enseñanza formal: Problemas de aprendizaje. En: Enseñanza de las ciencias. Vol; 17 No. 2 (1999); p. 227-245.

DÍAZ BARRIGA ARCEO Frida, HERNÁNDEZ ROJAS Gerardo. Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: Una interpretación constructivista. 2^a edición. México: Mc Graw Hill.

_____ y _____. Constructivismo y Aprendizaje Significativo. En: Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. México: Mc Graw Hill, 1998 Edición. 7 p.

FURIÓ, Carlos y FURIÓ, Cristina. Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. En: Educación química. Vol; 3. No. 11 (Julio 2000); p. 300-308

GALAGOSKY, Lidia. R. Del Aprendizaje Significativo al Aprendizaje Sustentable. Parte 2: Derivaciones comunicacionales y Didácticas. En: Enseñanza de las Ciencias. 2004, 22, 3, p. 349-364

_____. Enseñanza versus aprendizaje de las ciencias naturales. Tecné, episteme y didaxis, Numero Extraordinario. Tercer Congreso Internacional Sobre Formación de Profesores de Ciencias. Bogota. Colombia (2007) p. 66-87.

GARRITZ RUIZ, Andoni. Veinte años de la teoría del cambio conceptual. En: Educación química. Vol. 3. No 12 (Julio de 2001); p.123-126

GARRITZ Andoni y RINCON, César. Valencia y números de oxidación: Corolario para docentes. En: Profesores al día. Facultad de Química, UNAM, México, D.F. Julio de 1997.

GASQUE-SILVA, Laura. ¿Iónico o covalente?. En: Didáctica de la química. Vol. 3. (Mayo de 1997); p. 160-165

GIL PEREZ, Daniel. Contribución de la historia y filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación (versión electrónica). En: Enseñanza de las Ciencias. Vol. 11 No. 2 (1993); p. 197-212.

GIROUX, Sylvain y TREMBLAY Ginette. Traducción de Beatriz Álvarez Klein. Metodologías de las Ciencias Humanas: Fondo de Cultura Económica. Primera Edición En Español. México. 2004

HERNÁNDEZ Rojas Gerardo. Caracterización del Paradigma Constructivista. México: Editado por ILCE- OEA, 1997.

HERNANDEZ, R.; FERNANDEZ, C y BAPTISTA, P. Metodología de la Investigación. Cuarta edición. Iztapalapa, México: McGraw-Hill, 2007

HOUSECROFT, Catherine E. y SAHRPE, Alan G. Traducción de GIL RUIZ, Pilar. Química Inorgánica. 2 ed. Editorial Person Prentice Hall.

KOSSEL, citado por CRUZ-GARRITZ, Diana; CHAMIZO, José Antonio y GARRITZ Andoni. Modelos químicos del átomo y sus enlaces. En: Estructura Atómica. Un enfoque químico. México. Addison-Wesley Iberoamericana. p. 205-302

LEWIS, Glibert. Valence 1966. Citado por CRUZ-GARRITZ, Diana; CHAMIZO, José Antonio y GARRITZ Andoni. Modelos químicos del átomo y sus enlaces. En: Estructura Atómica. Un enfoque químico. México. Addison-Wesley Iberoamericana. p. 205- 302

LUFFIEGO GARCÍA, Máximo y RABADÁN VERGARA, José María. Historia y epistemología de las Ciencias: La evolución del concepto de sostenibilidad y su introducción en la enseñanza. (Versión electrónica). En: Enseñanza de las ciencias. 2000, 18 (3), p. 473-486

MARTINEZ BENCARDINO, Ciro. Estadística y Muestreo. 12 ed. Editorial Eco. 2007

NARVAEZ ZAMORA, Luís Javier. Aprendizaje significativo de conceptos químicos, a través de resolución de problemas en estudiantes de Licenciatura en Ciencias Naturales. Huila: Editorial Grafi Plast del Huila. 2008.

PAULING, Linus. General Chemistry. An Introduction to Descriptive Chemistry and Modern Chemical Theory. Second Edition. San Francisco: W. H. Freeman and Company, 1959

PAULING, Linus. The Nature of the Chemycal Bond, caps. 3, 7 y 13 Citado por CRUZ-GARRITZ, Diana; CHAMIZO, José Antonio y GARRITZ Andoni. Modelos químicos del átomo y sus enlaces. En: Estructura Atómica. Un enfoque químico. México. Addison-Wesley Iberoamericana. p. 205- 302

PAULI Wolfgang. On the Connexion between the Completion of Electron Groups in an Atom with the Complex Structure of Spectra. 1925. Citado por CRUZ-GARRITZ, Diana; CHAMIZO, José Antonio y GARRITZ Andoni. Modelos químicos del átomo y sus enlaces. En: Estructura Atómica. Un enfoque químico. México. Addison-Wesley Iberoamericana. p. 205- 302

PETERSON, R.F. y TREAGUST, D.F. (1989a). Grade-12 students' misconceptions of covalent bonding and structure. *Journal of Chemical Education*, 66(6), pp. 459-460.

PETERSON, R. F., TREAGUST, D. F. y GARNETT, P. (1989b). Development and application of a diagnostic instrument to evaluate grade-11 and -12 students' concepts of covalent bonding and structure following a course of instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(4), pp. 301- 314.

POZO, J y COMEZ CRESPO, M. A. Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. 5 ed. Madrid: Morata. 2006

REYES ORTIZ, Sandra Patricia y GALLEGO BADILLO, Rómulo. Los modelos del orbital molecular y del enlace de valencia en textos universitarios. En: III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE FORMACION DE PROFESORES DE CIENCIAS. Representaciones y Conceptos Científicos – Grupo IREC. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá.

RUNYON, R. P. y HABER Estadísticas para las Ciencias Sociales. México: Adisson-Wesley Iberoamericana.

Anexo A Plan de Evaluación

CONCEPTOS	VALOR %	ITEMS
Enlace, tipos	25	5
Redox	15	3
Hibridación	15	3
Estructura Lewis	15	3
Construcción Espacial	30	6
Total		20

