



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Elaboración de un objeto virtual de aprendizaje (OVA) como estrategia didáctica para el aprendizaje significativo de la hibridación del átomo de carbono en educación media

Irvyng Patrick Lancho Barrios

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Bogotá, Colombia

2013

Elaboración de un objeto virtual de aprendizaje (OVA) como estrategia didáctica para el aprendizaje significativo de la hibridación del átomo de carbono en educación media

Irvyng Patrick Lancho Barrios

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director (a):

Química, M.Sc., D.Sc., Patricia Martínez Muñoz

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Bogotá, Colombia

2013

A Dios razón de mi existir

*A mi amadísima Familia: mis
Padres Edixón y Martha, mi hermanita
Betsy, ejemplos de entrega, amor, fe y
perseverancia; son angelitos que con su
voz de ánimo y sonrisa reconfortante
alientan mi caminar.*

*“El maestro que intenta enseñar sin inspirar en
el alumno el deseo de aprender está tratando de forjar
un hierro frío” (Horace Mann)*

Agradecimientos

En este caminar de inmensos y satisfactorios aprendizajes han estado presentes muchísimas personas que con sus enseñanzas y apoyo han permitido que este documento sea hoy una realidad. Por ello en estas cortas líneas quiero dejar plasmado mis más sinceros agradecimientos:

En primer lugar a Dios nuestro amadísimo Padre, quien en todo momento ha estado conmigo guiándome, ayudándome y fortaleciéndome conforme a su inmenso amor y misericordia para continuar y valorar esta hermosa oportunidad de formación. Solo puedo decir como el salmista ¿cómo pagaré al Señor todo el bien que me ha hecho? También quiero agradecerle a la Virgencita María nuestra madre, cuya protección e intercesión amorosa animan mi caminar.

A mi papi Edixón Lanchero y mi mami Martha Barrios, dos luchadores incansables que siempre tendrán una palabra que anima el corazón y roba una sonrisa. Sus sacrificios, su comprensión, su compañía en noches de estudio, su paciencia, sus cuidados y su gran amor, son cosas por las que siempre permaneceré en deuda con ellos. Son los mejores.

A mi hermanita y amiga Betsy Lanchero, ejemplo de mujer. A lo largo de estos días ha brillado muchísimo más su paciencia, comprensión y ayuda; sus aportes y gestión me vuelven a recordar el inmenso regalo de Dios al concederme la mejor hermanita.

A la Dra. Patricia Martínez Muñoz, quien acompañó y dirigió este proceso de formación. Varios profesores me dijeron en más de una ocasión que tenía una excelente directora. Es verdad. Fui un privilegiado al poder recibir sus sabios y valiosos consejos. Su gran dedicación, paciencia y amor por lo que hace, ponen de manifiesto su gran profesionalismo pero ante todo su inmensa calidad humana, características de lo que

significa ser un auténtico Maestro. Mil gracias por todo lo que me enseñó pero sobre todo por su amistad y voto de confianza.

A todos los profesores de la maestría en enseñanza de las ciencias exactas y naturales de la facultad de ciencias, por compartir sus conocimientos, estar siempre dispuestos a aclarar las preguntas y seguir trabajando por mejorar la calidad de la educación en Colombia.

A la Universidad Nacional de Colombia por permitirme realizar mis estudios de maestría en tan magna institución.

A mis compañeros de maestría: Andrea Puerta, Julián Vergara (Ilanerito), Diego Mojica, Ricardo Suarez, Wilfredy Bayona con quienes compartimos jornadas de estudio y debate.

Al colegio Alfonso López Michelsen IED por su apoyo y comprensión.

A todos y cada una de las personas que con su ayuda me permitieron llegar a la consecución de este gran sueño. Dios los bendiga.

Resumen

En el presente trabajo se propone un objeto virtual de aprendizaje como aplicación de las TIC a la educación y como estrategia didáctica que busca favorecer los procesos de enseñanza-aprendizaje, así como la motivación de los estudiantes hacia la química, a partir del concepto de la hibridación del átomo de carbono, tema que generalmente resulta confuso para los estudiantes, pero que es fundamental en la comprensión de la formación de los compuestos orgánicos, su diversidad y propiedades. Se realizó una revisión disciplinar y epistemológica de los principales conocimientos científicos que permitieron establecer y definir el concepto de la hibridación del átomo de carbono y su incidencia en la formación de los tipos de enlace carbono – carbono que se presenta en los compuestos orgánicos.

Finalmente, se presenta la propuesta didáctica usando como recurso un objeto virtual de aprendizaje, que permite que los estudiantes logren un aprendizaje significativo, fortalezcan su trabajo autónomo y mejoren su rendimiento académico, aumentando su motivación hacia la ciencia. La propuesta está dirigida a estudiantes de educación media (ciclo V) del colegio Alfonso López Michelsen IED ubicado en Bogotá.

Palabras clave: Objeto Virtual de Aprendizaje, Hibridación, Carbono, Enseñanza, TIC.

Abstract

In the present paper proposes a virtual learning object as implementation of ICTS in education and as didactics strategy that seeks to improve the teaching-learning processes, as well as the motivation of the students toward chemistry, as from the concept of the hybridization of the carbon atom, a subject that generally is confusing for students, but it is essential in understanding the formation of organic compounds, their diversity and properties. A review was conducted epistemological discipline of the scientific knowledge that allowed establishing and defining the concept to hybridization of the carbon atom and its impact on the formation of the types of bonding carbon - carbon that occurs in organic compounds.

Finally, presents the proposed didactic using as a resource a virtual learning object, which enables students to reach a meaningful learning, strengthen their self-employment and improve their academic performance, increasing their motivation toward science. The proposal is directed to students of secondary education (cycle V) of the college Alfonso Lopez Michelsen IED located at Bogotá.

Keywords: Virtual Learning Object, Hybridization, Carbon, Teaching, ICTS.

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de figuras	XIII
Lista de tablas	XIV
Lista de Símbolos y abreviaturas	XV
Introducción	1
1. Capítulo 1 caracterización del contexto escolar	3
1.1 Caracterización de la población	3
1.2 Caracterización del colegio Alfonso López Michelsen.....	4
2. Capítulo 2 Identificación del problema y justificación del estudio	5
3. Capítulo 3 Objetivos	7
3.1 Objetivo general.....	7
3.2 Objetivos específicos	7
4. Capítulo 4 Aspectos epistemológicos y desarrollo histórico de los conceptos de tetravalencia e hibridación del átomo de carbono	9
4.1 Epistemología del concepto de “ <i>modelo científico</i> ”	9
4.2 Aspectos epistemológicos y desarrollo histórico de los conceptos tetravalencia e hibridación del átomo de carbono.....	10
5. Capítulo 5 Aspectos disciplinares	15
5.1 Generalidades del carbono	15
5.2 Ciclo del carbono	17
5.3 La mecánica cuántica y la configuración atómica del carbono	19
5.3.1 Aportes de L. de Broglie W. Heisenberg: inicio de la mecánica cuántica	19
5.3.2 La ecuación de Schrödinger: el concepto de orbital atómico y números cuánticos	20
5.4 Lewis: Primera teoría de enlace y regla del octeto.....	23
5.5 Teoría de las repulsiones entre los pares de electrones de la capa de valencia.....	25
5.6 Pauling y el concepto de la electronegatividad	27
5.7 Teoría del enlace de valencia	27
5.8 Hibridación del átomo de carbono	29

XII Elaboración de un objeto virtual de aprendizaje (OVA) como estrategia didáctica para el aprendizaje significativo de la hibridación del átomo de carbono en educación media

5.8.1	Hibridación sp^3	29
5.8.2	Hibridación sp^2	31
5.8.3	Hibridación sp	33
5.9	Teoría del orbital molecular	34
5.10	La teoría del enlace de valencia y la teoría del orbital molecular.	36
6.	Capítulo 6 Aspectos pedagógicos y didácticos	39
6.1	El constructivismo: base del aprendizaje significativo.....	39
6.2	El aprendizaje significativo	40
6.2.1	Requisitos para un aprendizaje significativo	42
6.3	Las tecnologías de información y la comunicación (TIC) en la educación	43
6.3.1	Definición de las TIC.....	43
6.3.2	Uso de las TIC en educación	44
6.3.3	Objeto virtual de aprendizaje (OVA).....	46
6.4	Los estándares de educación y su incidencia en el OVA.....	47
6.5	Objeto virtual de aprendizaje (OVA) para el aprendizaje significativo de la hibridación del átomo de carbono	50
6.5.1	La estrategia de evaluación para el OVA	56
7.	Capítulo 7 Metodología.....	59
7.1	Etapas 1: Consulta bibliográfica	59
7.2	Etapas 2: Selección de los contenidos a tratar en el OVA.....	59
7.3	Diagramación del OVA.....	60
7.4	Elaboración del OVA y redacción del documento final.....	60
8.	Conclusiones y recomendaciones	61
8.1	Conclusiones.....	61
8.2	Recomendaciones.....	62
	Bibliografía	63

Lista de figuras

	Pág.
Figura 5-1: Formas alotrópicas del carbono .	16
Figura 5-2:: Ciclo biogeoquímico del carbono.....	18
Figura 5-3: Representaciones de los orbitales atómicos.....	21
Figura 5-4: Configuración electrónica del carbono.....	23
Figura 5-5: Estructura de Lewis para el etano y para el eteno	24
Figura 5-6: Clases de geometría molecular en función del conjunto de pares de electrones.....	26
Figura 5-7: Diagrama de energía y distancia internuclear para el hidrógeno.....	28
Figura 5-8: Configuración electrónica del carbono en su estado basal.....	29
Figura 5-9: Hibridación sp^3	30
Figura 5-10: Hibridación sp^2	32
Figura 5-11: Hibridación sp	33
Figura 5-12: Diagrama de energía de la formación de orbitales moleculares.....	35
Figura 5-13: Diagrama de orbitales moleculares.....	35
Figura 5-14: Formación del enlace sigma en hidrocarburos alifáticos.....	37
Figura 5-15: Formación del enlace pi en hidrocarburos alifáticos.....	38
Figura 6-1: Tipos de aprendizaje escolar.....	41
Figura 6-2: Requisitos para el aprendizaje significativo.....	42
Figura 6-3: Características y ventajas de un OVA en los procesos educativos.....	47
Figura 6-4: Derrotero para ciclo cinco en ciencias naturales - química.....	49
Figura 6-5: Interfaz inicial del OVA.....	50
Figura 6-6: Interfaz de bienvenida en el OVA.....	51
Figura 6-7: Interfaz de los objetivos del OVA.....	52
Figura 6-8: Interfaz de la metodología del OVA.....	53
Figura 6-9: Interfaz de la bibliografía del OVA	53
Figura 6-10: Interfaz de la sección de contenidos del OVA.....	54
Figura 6-11: Estructura general del OVA.....	55

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 5-1: Combinaciones permitidas para el átomo de carbono.....	22
Tabla 6-1: La educación tradicional vs la educación basada en las TIC.....	45
Tabla 6-2: Matriz de evaluación y autorregulación de los aprendizajes.....	57
Tabla 7-1: selección de los módulos y temas para el OVA.....	60

Lista de Símbolos y abreviaturas

CAS.....	Chemical Abstracts Service
IED.....	Institución Educativa Distrital.
LTSC.....	Learning Technology Standards Committee
MEN.....	Ministerio de Educación Nacional.
OVA.....	Objeto Virtual de Aprendizaje.
PEI.....	Proyecto Educativo Institucional
TIC.....	Tecnologías de información y la comunicación.
UPZ.....	Unidad de Planeamiento Zonal.
RPECV.....	Repulsión de los pares electrónicos de la capa de valencia.

Introducción

“Se puede poner en CD-ROM el conjunto de los conocimientos Se puede instalar una página Internet en cada clase. Nada de todo esto es fundamentalmente malo, salvo si nos acuna en la ilusión de que así se atacan los males de la educación.”

(Steve Jobs.)

La hibridación del átomo de carbono es un tema de gran importancia para entender la formación de los compuestos orgánicos, su diversidad y propiedades. Por lo tanto, la implementación de una estrategia didáctica y pedagógica que permita a los estudiantes de nivel medio adquirir este conocimiento de forma clara y comprensible, facilitara su correcta aplicación en la formulación de compuestos orgánicos.

En la actualidad la incorporación pedagógica de las TIC genera nuevos ambientes de aprendizaje que permiten no solamente el desarrollo de habilidades tecnológicas en el ámbito de lo computacional, sino que se pueden aplicar a múltiples campos del conocimiento haciendo más dinámico, claro y agradable el proceso educativo.

Dentro de las aplicaciones actuales de las TIC ha surgido un nuevo recurso denominado *objeto virtual de aprendizaje (OVA)* el cual promueve el aprendizaje significativo en los estudiantes al ser un material que les presenta los contenidos de manera interactiva, ordenada, secuencial, contextualizada y sobre todo respetuosa de los ritmos de aprendizaje de cada individuo lo que repercute en el mejoramiento de la comprensión y análisis de los temas vistos.

En el presente trabajo, se propone como estrategia didáctica para el aprendizaje significativo de la hibridación del átomo de carbono, la elaboración de un OVA con contenidos conceptuales claros y definidos, acompañados de actividades de aprendizaje que permitan la retroalimentación y favorezcan a lo largo del proceso de aprendizaje la

evaluación formativa, la comprensión de la hibridación del átomo carbono y el desarrollo de las competencias básicas en ciencias.

Este trabajo constituye una herramienta innovadora en el colegio Alfonso López Michelsen para la enseñanza de la química orgánica, con lo cual se busca promover en los estudiantes la motivación por el aprendizaje de las ciencias y el uso de los recursos tecnológicos.

1. Capítulo 1 caracterización del contexto escolar

Toda propuesta pedagógica debe considerar el ambiente en el que se desarrolla el estudiante, con el fin de favorecer su óptimo aprendizaje y el desarrollo pleno de sus habilidades. Por tanto a continuación se hace una breve descripción de la población a la que se dirige la presente propuesta.

1.1 Caracterización de la población

El colegio Alfonso López Michelsen IED, se encuentra en la localidad séptima de Bosa ubicada al sur-occidente de Bogotá. La mayor parte de la población de la localidad pertenece a los estratos socioeconómicos 1 y 2 y una pequeña parte de la UPZ Apogeo corresponde al estrato 3. La localidad está constituida por barrios antiguos (Bosa centro), barrios de autoconstrucción legales e ilegales, veredas, zonas rurales y nuevas zonas de poblamiento organizado.

En la mayoría de los casos, los padres de los estudiantes se desempeñan como operarios de fábricas y transportadores del servicio público. Las madres por su parte, se desempeñan principalmente como vendedoras, empleadas de servicio doméstico y modistas.

Como consecuencia de esta situación, en la que ambos padres de familia trabajan y sus largas jornadas laborales, los estudiantes pasan bastante tiempo en sus casas sin la supervisión de sus padres.

La Ciudadela el Recreo se ve azotada por un alto número de problemas juveniles entre los que cabe resaltar los conflictos entre pandillas, microtráfico de sustancias alucinógenas y violencia por las rivalidades existentes entre las barras bravas de los equipos de futbol. Estos fenómenos sociales rodean la cotidianidad de los estudiantes representando un peligro a su integridad y desarrollo.

1.2 Caracterización del colegio Alfonso López Michelsen

El colegio Alfonso López Michelsen IED nace como institución educativa a finales de junio de 2007 bajo el carácter de megacolegio financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo. Cuenta con dos jornadas para todos los niveles de escolaridad (desde preescolar hasta grado 11º) y con aproximadamente 3600 estudiantes. Fue dotado de excelentes instalaciones pero debido al hacinamiento que sufre, muchos de sus espacios han sido adaptados como salones de clase. En el año 2011 la Institución se vio beneficiada con la donación por parte de la Secretaria de Educación Distrital de un aula virtual para la sección de bachillerato con el fin de garantizar el acceso de los estudiantes a las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC).

El proyecto educativo institucional (PEI) se enmarca dentro del modelo pedagógico histórico-cultural planteado por Vigotsky y bajo esta perspectiva busca responder al contexto social teniendo como lema institucional “comunicación, arte y expresión un camino a la excelencia” lo cual define su énfasis y la perspectiva de su currículo.

La presente propuesta está dirigida a los estudiantes de grado undécimo que se encuentran entre los 16 y 18 años de edad y quienes bajo el actual plan de estudios inician sus conocimientos formales en química desde grado décimo.

2. Capítulo 2 Identificación del problema y justificación del estudio

Es evidente la gran apatía, el desinterés y la falta de comprensión que los estudiantes manifiestan hacia el aprendizaje de las ciencias en la actualidad, sobre todo cuando estas se les exponen como conceptos complejos, estáticos, aislados y reducidos a ecuaciones o algoritmos sin ninguna contextualización, alejados de sus intereses y motivaciones, limitando su aprendizaje a una mera memorización de conocimientos con el único fin de aprobar una asignatura y cumplir con el plan de estudios.

Este sórdido panorama se presenta en muchos planteles educativos de carácter público (entre ellos la institución educativa objeto de estudio) y de diversas maneras se le trata de obviar en la práctica pedagógica sin tener en cuenta que “no es meros obstáculos pasivos que hay que eliminar, sino verdaderos elementos opositores activos que sesgan y filtran los conocimientos académicos” (Campanario, 1999). Esto en gran parte se debe a la visión tradicional de la enseñanza en cuanto cumple con la misión de retransmitir un concepto manteniendo la imagen pasiva del estudiante el cual debe ser “llenado” de conocimientos sin tener en cuenta sus procesos metacognitivos y motivacionales. Esta situación genera en los estudiantes actitudes poco favorables hacia el gusto por la ciencia y por el contrario, se va construyendo una idea inapropiada de la misma en cuanto se le empieza a considerar errática, absolutista, demasiado abstracta y solo accesible a unos pocos.

Sin embargo, han surgido múltiples herramientas didácticas y tecnológicas que permiten mejorar la calidad de la enseñanza. La llegada de las TIC ha permitido crear nuevos ambientes de aprendizaje que cautivan y motivan al estudiante y además les permite mejorar su comprensión sobre los temas que se aborden como lo afirma Badia (2006): “actualmente ya nadie pone en duda que el ordenador contribuye a proporcionar nuevos tipos de ayudas educativas o que puede cambiar la naturaleza de éstas, influyendo por

consiguiente de manera diferencial en los procesos de aprendizaje de los estudiantes”. Las TIC aplicadas a la educación contribuyen a mejorar la abstracción y motivación de los estudiantes gracias a la posibilidad de realizar simulaciones de las leyes fundamentales de las ciencias y crear un el entorno ameno que cautiva y estimula el estudio. Estas características tan necesarias en las aulas permiten hoy en día que el conocimiento sea un proceso de aprendizaje interactivo pero sobre todo autónomo, virtud que se pretende favorecer en el estudiante de química del colegio Alfonso López Michelsen.

Por las razones expuestas, el presente estudio busca que el estudiante de química orgánica apoyado en las TIC y bajo el modelo del aprendizaje significativo, comprenda la hibridación del átomo de carbono como concepto fundamental para entender los diversos tipos de enlace que puede formar el átomo de carbono en los compuestos orgánicos y como consecuencia de esto más adelante comprenda la diversidad, características y geometría de los compuestos orgánicos.

Como consecuencia del planteamiento presentado, el trabajo propuesto responderá a la siguiente pregunta:

¿Es posible abordar el concepto de hibridación del átomo de carbono usando un OVA para favorecer el aprendizaje significativo y la motivación de los estudiantes de grado undécimo del colegio Alfonso López Michelsen?

Este estudio está en concordancia con los estándares básicos de competencias emitidos por el Ministerio de Educación Nacional (2004) que establece que: “el estudiante debe relacionar la estructura del carbono con la formación de moléculas orgánicas.”.

3. Capítulo 3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Diseñar una propuesta didáctica soportada en el uso de las TIC en el aula para generar el aprendizaje significativo del concepto de la hibridación del átomo carbono y mejorar su enseñanza

3.2 Objetivos específicos

Elaborar un marco conceptual y epistemológico sobre el concepto de hibridación y las teorías que lo fundamentan.

Realizar el referente teórico sobre las TIC desde la perspectiva del aprendizaje significativo para la enseñanza de las ciencias.

Hacer un objeto virtual de aprendizaje (OVA), empleando las diversas herramientas brindadas por las TIC, sobre la hibridación del átomo de carbono.

4. Capítulo 4 Aspectos epistemológicos y desarrollo histórico de los conceptos de tetravalencia e hibridación del átomo de carbono

El concepto de hibridación, es ante todo un modelo científico aplicado a la química que permite explicar el hecho de que el átomo de carbono forme tres tipos de enlaces y a partir de ello el gran número de compuestos que actualmente se conocen.

4.1 Epistemología del concepto de “*modelo científico*”

El objeto de la ciencia es la búsqueda del conocimiento de manera holística. No es un conocimiento absoluto sino que está sujeto a re-construcciones (Concari, 2001).

La concepción de modelo en ciencias o modelo científico es el resultado de la percepción, interacción social o experiencia interna que permiten a los individuos hacer inferencias y predicciones, entender los fenómenos, decidir las acciones a tomar y controlar su ejecución (Greca, Moreira, 1998), o según Gilbert, Boulter y Rutherford (1998) un modelo es un intermediario entre las abstracciones de la teoría y las acciones concretas de un experimento.

Según Hessen un modelo surge de la necesidad de ir creando representaciones simplificadas de un fenómeno en estudio con el fin de describir, explicar y predecir alguna de sus propiedades y de esta manera comunicársela a sus pares de manera inteligible (1999).

Para Johnson-Laird (1990) “la comprensión de cualquier fenómeno, evento, situación o proceso del mundo real o imaginario está en la existencia de un modelo de trabajo en la mente de quien razona y comprende”. Esto denota que el fin del modelo es la

comprensión del fenómeno más no la explicación del mismo pues para ello están las leyes y teorías como lo afirma Concari: “El modelo es la estructura supuesta, mientras que la teoría es el conjunto articulado de enunciados que describe la estructura” (Concari, 2001).

Gallego (2004) citando a Del Re (2000) señala que los modelos son “las herramientas del pensamiento científico y pueden ser de dos tipos: matemáticos o físicos, siendo los modelos físicos esenciales, no solo para describir sino también para conocer aquello que para los investigadores no es directamente accesible a los sentidos”, muy conveniente cuando se habla del concepto de hibridación en donde la concepción cuántica de la matemática y la física dan forma a un modelo hipotético sobre la posible explicación del enlace químico y la tetravalencia del átomo de carbono.

4.2 Aspectos epistemológicos y desarrollo histórico de los conceptos tetravalencia e hibridación del átomo de carbono

“Si se considera a la historia como algo más que un depósito de anécdotas o cronología, puede producir una transformación decisiva de la imagen que tenemos actualmente de la ciencia”. (Kuhn, 1962).

Hacia el siglo XIX y como resultado de un proceso de investigación más estructurado se hizo evidente que muchos de los compuestos que en ese momento se conocían provenían de fuentes de origen natural (animal o vegetal) y cuyo comportamiento era algo distinto al de las sustancias comunes usadas en el laboratorio (ácidos y bases inorgánicas) lo cual cautivo a grandes investigadores hacia una nueva disciplina de la química, la química orgánica, liderada por Berzelius y Dumas (Asimov, 2006).

Auguste Laurent en 1837 propuso que las moléculas orgánicas se constituían por enlaces carbono - carbono y que átomos como oxígeno o cloro se encontraban en la molécula gracias a sustituciones de hidrógeno. A juicio de Laurent la posición de un

átomo determinaba el comportamiento de una molécula y no el átomo en sí (Brock, 1998).

Hacia 1852 E. Frankland propuso el concepto de valencia con base en sus estudios sobre compuestos organometálicos: “la combinación de un elemento, siempre es satisfecha por el mismo número de átomos” (Frankland, 1852).

En 1865 Kekulé planteo por primera vez la tetravalencia del átomo de carbono y la posibilidad de unión entre átomos de carbono (atomicidad) formando cadenas (Kekule 1865). Esto implicaba necesariamente la aceptación de los átomos como unidades estructurales de los compuestos y de su capacidad de combinación o valencia como lo afirmaba Frankland. En 1865 Kekule propone una estructura cíclica para el benceno constituida por seis carbonos formando una cadena cerrada. Poco después, el propio Kekulé le otorgó propiedades geométricas a la estructura cíclica del benceno posicionando su teoría a la vanguardia de la teoría estructural.

Aunque Kekule abrió un nuevo camino en cuanto a la explicación de estructura y química del átomo de carbono en los compuestos orgánicos, fueron Archibald Scott Couper (gracias a sus estudios sobre el ácido salicílico) y el ruso Alexander Butlerov quienes desarrollaron de manera clara el concepto de tetravalencia desde una visión más estructural. Esto cobro tanta importancia que las fórmulas empezaron a tener el realce que hoy conocemos con una representación más acertada sobre los átomos que componen una sustancia (Couper A, 1858).

En 1874 Jacobus van't Hoff y Joseph Achille Le Bel trabajando de manera independiente no solo aclaran el concepto de tetravalencia en el átomo de carbono sino que empiezan a plantear una posible explicación de cómo se forman los enlaces en el átomo de carbono al sugerir una disposición geométrica conforme a un tetraedro (van't Hoff, 1874; Le Bel, 1874), lo que explicaba una asimetría molecular gracias a la ordenación tetraédrica de los átomos que se encontraban entorno al carbono. Esta explicación fue coherente con las especulaciones experimentales que Pasteur, Kekule y Butlerov habían planteado para la asimetría de los compuestos orgánicos (Brock, 1998).

En 1916 Gilbert N. Lewis, basado en los descubrimientos de su época publicó el artículo *the atom and the molecule*, donde postuló su famosa teoría sobre el par compartido de electrones para la formación del enlace químico y además explicaba que todas las moléculas apolares o iónicas encontraban su estabilidad gracias a que completaban su octeto en la capa de valencia más externa (Lewis, 1916). Kossel por su parte, planteó que un electrón o varios podían ser transferidos de un átomo a otro generando iones de cargas opuestas, siendo la atracción mutua de éstos la responsable de las fuerzas de enlace. Lewis aportó una solución más general, proponiendo que los electrones podían ser tanto transferidos como compartidos, sentando las bases del concepto de enlace covalente denominado así por Irving Langmuir en 1919, en términos de pares de electrones compartidos (Brock, 1998).

En 1924 Louis de Broglie presentó su teoría dual onda-partícula para la luz, lo que llevó en 1926 a que Erwin Schrödinger, Werner Heisenberg y Paul Dirac postularan en forma independiente y casi simultánea una nueva teoría de la estructura atómica y molecular. Esta teoría, denominada mecánica cuántica o mecánica ondulatoria, se convirtió en la base de la que se derivan los conocimientos actuales sobre los enlaces de las moléculas. Entre tales conocimientos se encuentran los conceptos de orbitales atómicos y su definición mediante los números cuánticos, notación espectral y orbitales moleculares (Solomons, 1988).

En 1927 los físicos alemanes Walter Heitler y Fritz London realizaron trabajos de investigación sobre la molécula de H₂, la cual se puede considerar como el prototipo del enlace totalmente apolar encontrando que la energía relacionada con un enlace covalente es de dos tipos: energía coulombica y energía de intercambio (Gallego, 2004).

Ante los aportes que la física cuántica había dado a la estructura química, Linus Pauling (1901-1994) hizo el máximo provecho de dichos conceptos y los combinó con la noción de Lewis de los pares de electrones compartidos para explicar la teoría del enlace químico y de manera especial la tetravalencia del átomo de carbono, lo que generaba bastante inquietud en la comunidad científica ya que de acuerdo con la teoría cuántica y los números cuánticos, los electrones en el átomo de carbono se organizarían conforme

a la siguiente notación espectral: $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$, lo que conducía a establecer que el carbono solo podía formar dos enlaces y no cuatro como se había establecido experimentalmente por difracción de rayos X (Brock, 1998). En 1928 Pauling abordó este problema y argumentó con base en cálculos cuánticos que si un electrón interno del orbital $2s$ era promovido al orbital $2p$, por un rearrreglo de los orbitales, se obtenían cuatro electrones desapareados: 1 en el orbital ($2s$) y 3 distribuidos en los orbitales ($2p_x$ $2p_y$ $2p_z$), lo cual implicaba una mezcla de orbitales a lo que denominó “*Hibridación*” (Pauling, 1931; Pauling 1967). Con este concepto no solo logró explicar cómo era posible formar cuatro enlaces en el átomo de carbono, sino que además se logró justificar la estructura geométrica de las moléculas orgánicas (Mosher, 1998).

Hoy en día el concepto del orbital híbrido en química orgánica es ampliamente usado a pesar de las críticas que han surgido (Grushow, 2011), las cuales ponen de manifiesto que el modelo de hibridación es confuso y deja la explicación muy limitada en términos de energía. En contraposición a esto, algunos autores han expuesto una serie de argumentos que mantienen la vigencia de la teoría de la hibridación y su articulación con otras temáticas, entre ellas la teoría del orbital molecular y como es obvio el soporte para la teoría del enlace de valencia (Hiberty 2012; Tro, 2012).

5. Capítulo 5 Aspectos disciplinares

5.1 Generalidades del carbono

El carbono es un elemento químico de número atómico 6. Es sólido a temperatura ambiente y dependiendo de las condiciones de formación puede encontrarse en seis formas alotrópicas tales como: diamante, grafito, fullerenos, nanotubos de carbono, grafeno y nanoespuma de carbono.

El diamante es un cristal muy duro y con propiedades aislantes. Esto se debe a que un átomo de carbono se une mediante enlaces covalentes a otros cuatro átomos de carbono formando en el espacio una estructura tetraédrica muy compacta. Por su parte, el grafito es un cristal más blando, conductor eléctrico y lubricante. Los átomos de carbono que lo componen forman anillos aplanados de seis átomos. Estos anillos forman finas capas apiladas que se disponen unas sobre otras y se mantienen unidas por fuerzas de London, las cuales son tan débiles que se rompen con facilidad generando su deslizamiento, de ahí los usos que se le pueden dar al grafito (Srinivasan y Saraswathi, 2011).

En 1985 una nueva forma alotrópica del carbono compuesta por 60 átomos de carbono (C₆₀) dispuestos en forma esférica fue descubierta por Kroto (Kroto, 1985). Este alótropo cuyos cristales son de color amarillo recibió el nombre de fullereno (en honor de Buckminster Fuller inventor de los domos geodésicos).

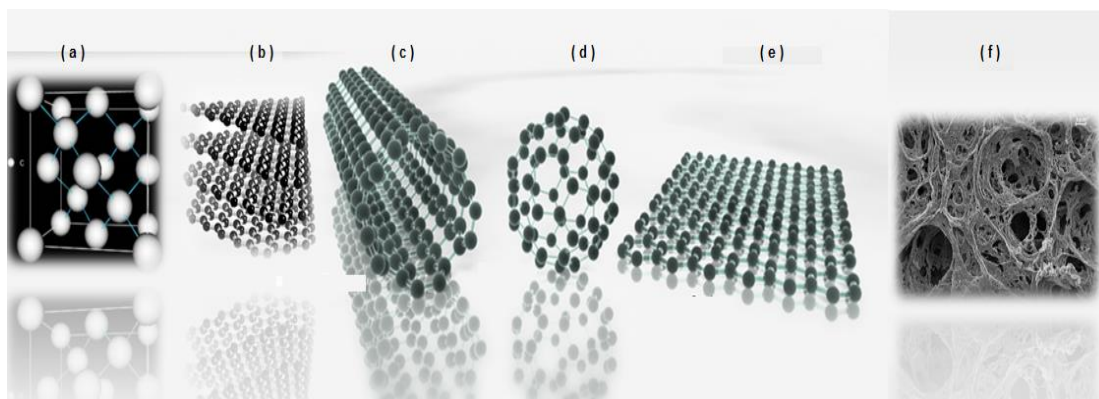
En 1991, Lijima descubrió una nueva forma alotrópica artificial del carbono: los nanotubos de carbono, los cuales pueden considerarse como láminas de grafito enrolladas. (Lijima y Ichihashi, 1993). Los nanotubos pueden ser abiertos o cerrados en cuyo caso la estructura que cierra al nanotubo es similar a la mitad de un fullereno. Los nanotubos pueden ser monocapa o multicapa. En el 2004 Andre Geim y Konstantin

Novoselov, por el proceso de exfoliación mecánica del grafito obtuvieron el grafeno constituido por una sola capa de grafito; este se ha convertido en la promesa tecnológica ya que se considera como un posible sustituto del silicio en el diseño y fabricación de los circuitos integrados. (Martin, 2011)

La nanoespuma de carbono (Figura 5.1f) descubierta en 1987 por Andrei V. Rode consiste de un ensamblado de cúmulos de baja densidad de átomos de carbono mantenidos en una red tridimensional difusa de hexágonos y heptágonos. (Breña, 2008)

En la Figura 5-1 se pueden observar las disposiciones moleculares de: (a) el diamante, (b) el grafito, (c) los nanotubos, (d) los fullerenos, (e) el grafeno (f) la nanoespuma.

Figura 5-1: Formas alotrópicas del carbono **(a)** Diamante. **(b)** Grafito. **(c)** Nanotubos de carbono **(d)** Fullerenos **(e)** Grafeno **(f)** Nanoespuma de carbono (Tomado de, **(a)**: http://proton.ucting.udg.mx/materias/tecnologia/cristalinas_tipicas.htm; **(b)**: <http://www.yoursolarlink.com/blog/arizona-state-university-hopes-to-boost-solar-with-cheap-graphite-nanoparticles/>; **(c)**, **(d)**, **(e)**: <http://3dciencia.com/blog/?cat=15>; **(f)**: dphs-madrid.blogspot.com).



Isotopos del carbono.

Los isotopos naturales y estables del átomo del carbono son el ^{12}C (98,89%) y el ^{13}C (1,11%). El ^{14}C es un radioisótopo inestable que emite radiactividad a medida que se transforma en un elemento estable; tiene un periodo de semi-desintegración de 5730 años que se emplea en la datación de especies orgánicas (Guerrero y Berlanga, 2000).

5.2 Ciclo del carbono

El carbono es esencial para construir las moléculas orgánicas que caracterizan a los organismos vivos. Las cantidades de carbono que se encuentran en la naturaleza están reguladas por el ciclo del carbono.

La principal fuente de carbono para los productores de materia orgánica es el CO_2 atmosférico que también se encuentra disuelto en lagos y océanos. Además hay carbono en las rocas carbonatadas (calizas, coral) y en los combustibles fósiles (carbono mineral, petróleo y gas natural).

Durante la fotosíntesis, las plantas verdes toman CO_2 del ambiente abiótico e incorporan el carbono en los carbohidratos que sintetizan y generan la energía para el sostenimiento de las cadenas tróficas. Parte de estos carbohidratos son metabolizados por los consumidores en su respiración celular devolviendo el carbono al medio circundante en forma de CO_2 .

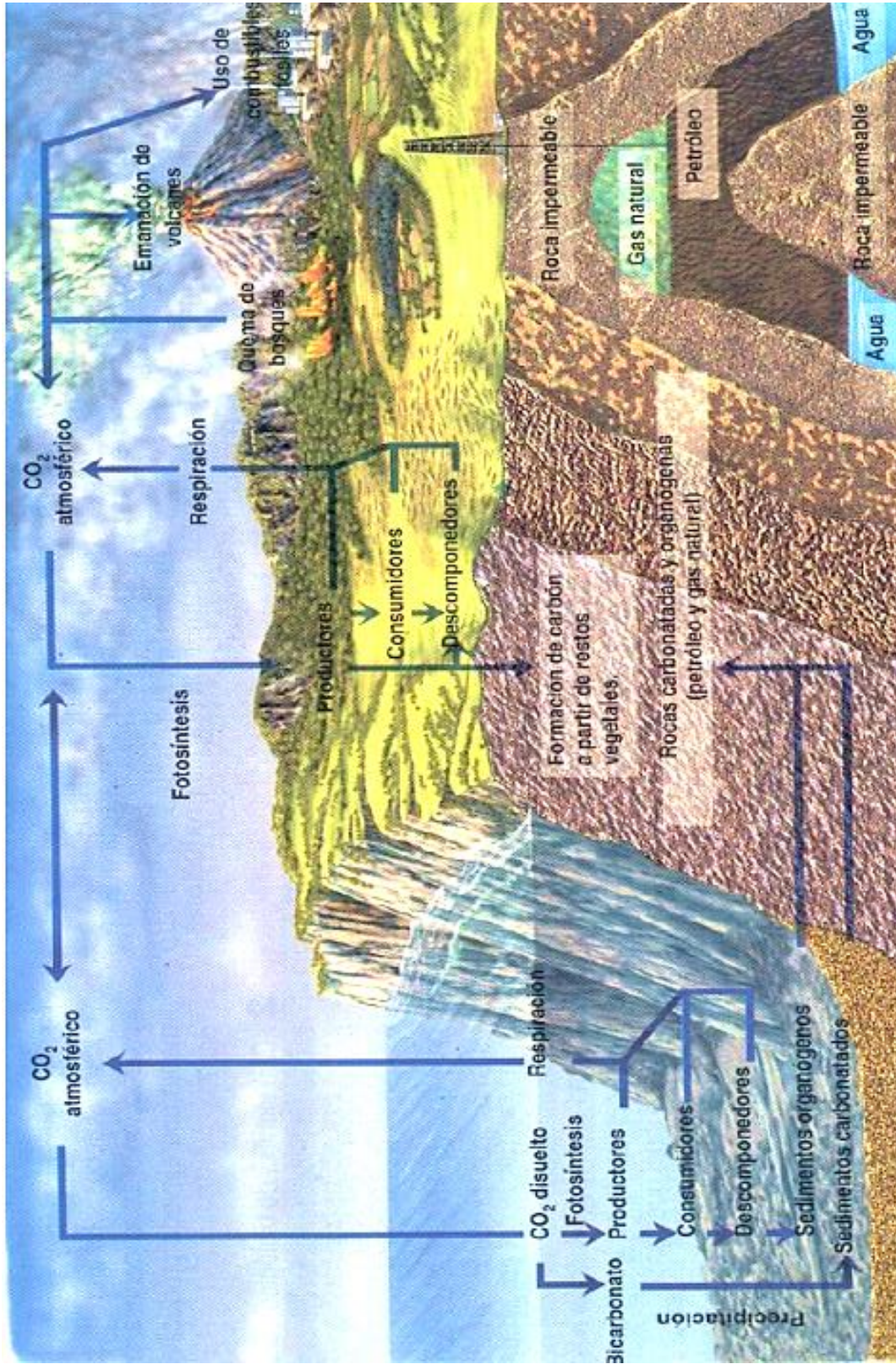
El ciclo completo del carbono requiere que las bacterias descomponedoras metabolicen los compuestos orgánicos de los organismos muertos y liberen CO_2 al ambiente.

A todo lo anterior debe sumarse la enorme cantidad del CO_2 que llega a la atmosfera como producto de la actividad volcánica, la erosión de rocas carbonatadas y la quema de combustibles fósiles por el hombre.

De manera general en el ciclo del carbono la fijación y liberación del dióxido de carbono (CO_2) mantienen las proporciones adecuadas para la generación de la materia orgánica (Campbell, 2001).

En la Figura 5-2 se puede observar la manera como el carbono circula y se transforma en la naturaleza lo cual implica procesos químicos, biológicos, geológicos y físicos.

Figura 5-2: Ciclo biogeoquímico del carbono (Tomado de Maldonado González et al, 2007)



El átomo de carbono fue el elemento escogido como bloque constructor de la vida y de la inmensa mayoría de las cosas que existen de manera natural o sintética; de los setenta millones de compuestos descubiertos hasta la fecha (CAS, 2012) un alto porcentaje de ellos son de carácter orgánico: alimentos, medicamentos, productos agrícolas, textiles, combustibles, cosméticos y polímeros entre otros.

5.3 La mecánica cuántica y la configuración atómica del carbono

Al abordar la hibridación como concepto clave para la explicación del enlace en química orgánica, se hace necesario tener claridad sobre algunos conceptos provenientes de la mecánica cuántica que permitieron desarrollar el concepto de orbital atómico y las actuales teorías del enlace en química orgánica.

5.3.1 Aportes de L. de Broglie W. Heisenberg: inicio de la mecánica cuántica

En 1924 Louis de Broglie buscaba conciliar las concepciones ondulatorias y corpusculares de la radiación, por lo que planteó que un electrón además de tener masa, se comportaba como una onda lo que demostró mediante la siguiente expresión matemática:

$$mv = p = \frac{h}{\lambda}$$

Donde, m es la masa, v es la velocidad, p el momento de la partícula, h es la constante de Planck y λ es la longitud de onda de la partícula

Posteriormente, W. Heisenberg estableció que no era posible medir simultáneamente en forma precisa la posición y el momento de una partícula lo que matemáticamente definió como:

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

Donde, h es la posición de la partícula; p es el momento; x la constante de Planck. El símbolo Δ representa la incertidumbre en la medida de cada variable

Al solucionar la inecuación una de las variables tiende a infinito, es decir no se puede definir y por tal razón su valor es inexacto dentro de las aproximaciones matemáticas que se puedan realizar (Gray, 1974.). Este análisis físico y matemático es conocido como “**principio de incertidumbre de Heisenberg**”, que de manera general postula que no es posible medir al mismo tiempo la posición y la velocidad de las partículas subatómicas.

5.3.2 La ecuación de Schrödinger: el concepto de orbital atómico y números cuánticos

En 1926 Erwin Schrödinger basado en el átomo de hidrógeno planteó la ecuación fundamental de la mecánica cuántica o *ecuación de onda* (Casabo J, Gispert, I., 2007), la cual se puede escribir como:

$$H\psi(x, y, z) = E\psi(x, y, z) \quad \text{donde,} \quad H = \text{Operador Hamiltoniano que es igual a} \quad -\frac{h^2}{8\pi^2m} \frac{d^2}{dx^2}$$

La ecuación de onda tiene varias soluciones denominadas funciones de onda las cuales se representan con la letra griega ψ (psi). Cada función de onda corresponde a un estado energético definido para el electrón y se relaciona con una región del espacio alrededor del núcleo atómico.

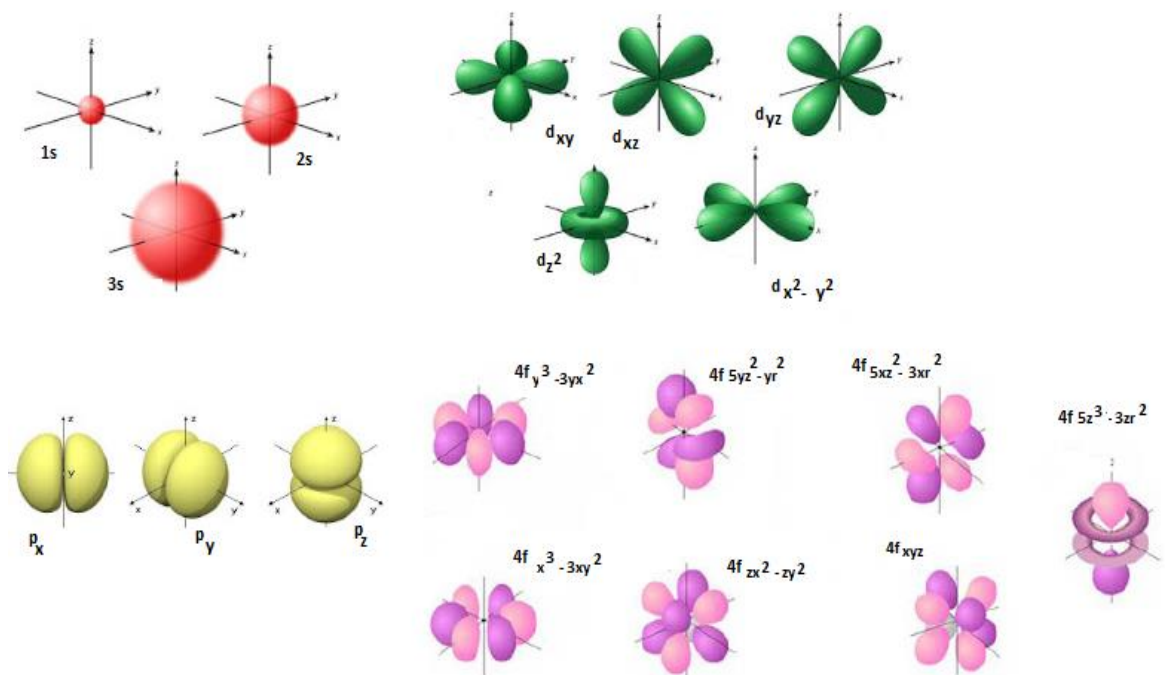
Durante un breve periodo después de la proposición de Schrödinger, los primeros partidarios de la mecánica cuántica no pudieron encontrar una interpretación física precisa de la función de onda de los electrones. Sin embargo, Max Born introdujo la interpretación probabilística que conocemos sobre la ecuación de Schrödinger asumiendo que ψ^2 representa la densidad de probabilidad de encontrar al electrón en un sistema tridimensional de coordenadas. Si ψ^2 es grande en una unidad de volumen, las probabilidades de encontrar al electrón en ese volumen son muy elevadas o la “densidad probabilística del electrón es muy grande”. Al graficar el valor de ψ^2 en el espacio tridimensional, se generan las formas conocidas como orbitales atómicos

(Pauling, 1967; Kikuchi 1985; Breneman, 1990; Ramachandran, 1995). Un orbital atómico es entonces, la región del espacio alrededor del núcleo donde la probabilidad de encontrar un electrón es máxima.

La forma y el tamaño de los orbitales atómicos son definidos por los números cuánticos: n , l , m_l (Companion, 1980) los cuales resultan de la solución de la ecuación de onda (Solomons, 1988). El número cuántico principal (n), define el nivel de energía y el tamaño del orbital. El número cuántico azimutal (l), establece la forma del orbital e indica el subnivel de energía y toma valores enteros desde 0 hasta $n-1$. Cada valor de l se representa por una letra, así: $0 = s$, $1 = p$, $2 = d$, $3 = f$ y cada letra corresponde a una determinada forma del orbital. Finalmente el número magnético (m_l) indica la orientación espacial del orbital y toma valores enteros entre $-l$ y l incluyendo el cero. Para cierto valor de l hay $2l + 1$ valores de m_l (Pauling, 1980).

Dado que la función de onda posee dos partes, una radial y otra angular siendo esta última la que permite graficar en tres dimensiones un orbital atómico, se pueden obtener las siguientes representaciones (Figura 3) para los orbitales atómicos:

Figura 5-3: Representaciones de los orbitales atómicos. (Tomado de: <http://elfisicoloco.blogspot.com/2012/11/configuracion-electronica.html>)



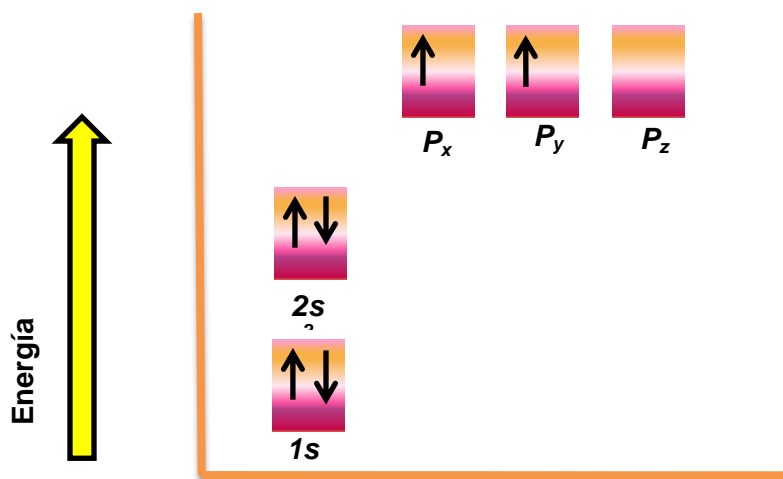
Sumado a los tres números cuánticos anteriores, Goudsmit y Uhlenbeck en 1925 plantearon el cuarto número cuántico denominado *spin* (m_s) (Gray, 1970) el cual establece que el electrón gira sobre su eje en direcciones opuestas. Ante esto Pauli postuló su principio de exclusión con el cual explicaba que en un átomo dos electrones no pueden tener sus cuatro números cuánticos iguales (Pauling, 1967), lo que implicaba que en un orbital puede haber máximo dos electrones. De esta manera se fue construyendo el concepto de configuración electrónica para los átomos el cual fue complementado con el principio de máxima multiplicidad de Hund y el principio de construcción de Aufbau (Whitten, 2008).

El principio de máxima multiplicidad de Hund establece que al llenar orbitales de igual energía los electrones se distribuyen con sus espines paralelos es decir desapareados. El principio de construcción de Aufbau establece cómo se deben ubicar los electrones en los orbitales de un átomo, ocupándose primero los orbitales de menor energía y se continúa el llenado en orden creciente de energía respetando el principio de exclusión de Pauli y la regla de Hund.

La configuración electrónica de un átomo es la forma como se organizan los electrones alrededor del núcleo, en los orbitales atómicos, siguiendo el principio de construcción de Aufbau. Para el átomo de carbono las combinaciones cuánticas permitidas se encuentran consignadas en la tabla 5-1 y como consecuencia su configuración electrónica es $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$ representada en la Figura 5-4.

Tabla 5-1: Combinaciones cuánticas permitidas para el átomo de carbono

Números cuánticos			ψ
n	l	m_l	
1	0	0	$1s$
2	0	0	$2s$
	1	-1	$2p_x$
		0	$2p_y$
		1	$2p_z$

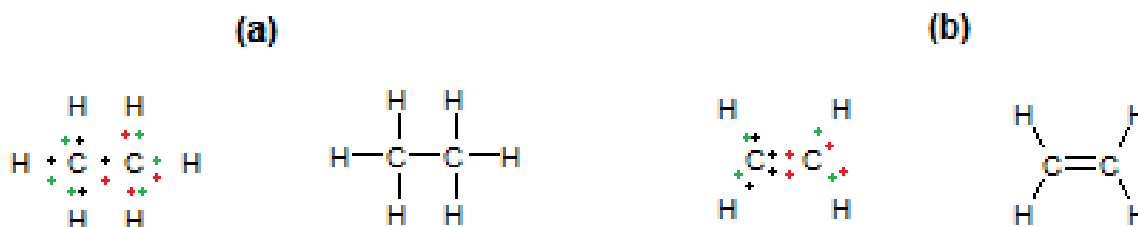
Figura 5-4: Configuración electrónica del carbono ($1s^2 2s^2 2p^2$)

5.4 Lewis: Primera teoría de enlace y regla del octeto

En 1916 Gilbert Lewis a partir de las evidencias experimentales y un marcado acervo sobre la teoría electroquímica del momento, propuso la teoría del *enlace por pares de electrones* según la cual el enlace entre átomos se producen por compartición de pares de electrones, mecanismo por el cual cada átomo individualmente podría alcanzar ocho electrones en su capa más externa, lo que satisfacía la regla de Abbeg (Lewis, 1916; Jensen ,1984).

La forma en que Lewis representaba el enlace por apareamiento electrónico implicaba la escritura del símbolo del elemento y alrededor de él ubicar los electrones de valencia utilizando puntos, lo cual permitía apreciar dos tipos de electrones los compartidos (participan del enlace) y los solitarios o libres (no enlazantes). Así por ejemplo, en la Figura 5-5 se puede observar la estructura de Lewis para el metano y el eteno.

Figura 5-5: Estructura de Lewis para el etano **(a)** y para el eteno **(b)**. (En negro: electrones del carbono 1. En rojo: electrones del carbono 2. En verde: electrones del hidrógeno). No hay pares de electrones libres en ninguna de las estructuras descritas.



Las estructuras de Lewis siguen siendo vigentes sobre todo para entender la disposición de los elementos en un compuesto y su distribución de carga. Esto se hace evidente cuando se realiza la construcción de las estructuras de Lewis y se establece el concepto de carga formal (Lenox, 1979; Ahmad W. Y, Zakaria M. B, 2000, Mó, 2000) el cual viene definido por la siguiente ecuación.

$$\text{Carga Formal} = N^{\circ} \text{ de electrones del átomo basal} - (2(N^{\circ} \text{ pares libres}) + N^{\circ} \text{ pares compartidos})$$

Sin embargo reducir el concepto a solo una ecuación limita su importancia puesto que gracias a él se puede decidir entre dos o más formas de resonancia, establecer la conservación de la carga de reactivos a productos (debe ser igual a cero) y finalmente proporciona una forma de visualizar y darse cuenta de que los electrones se conservan en una reacción y están presentes activamente en los compuestos (Lenox, 1979).

La estructura de Lewis ha sido una excelente herramienta grafica para representar y “localizar” los enlaces en una molécula, sin embargo no ofrece una descripción sobre la geometría de una molécula.

5.5 Teoría de las repulsiones entre los pares de electrones de la capa de valencia.

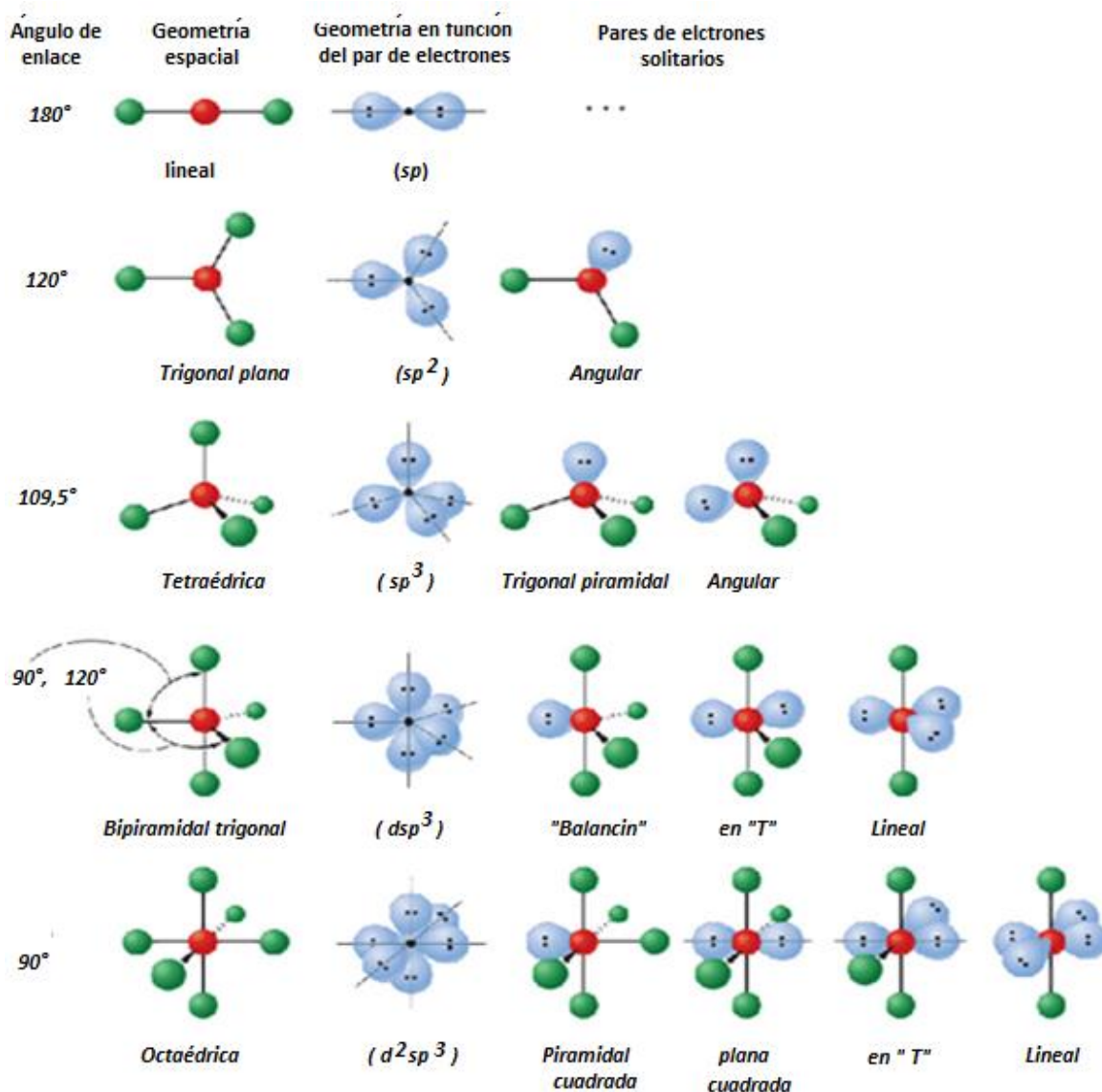
La teoría de la repulsión entre los pares de electrones de la capa de valencia fue propuesta por N.V. Sidgwick y H.E. Powell en 1940 y desarrolladas en 1950 por R.S. Nyholm R.J. Gillespie (Brumlik G, 1961; Casabo, Gispert, 2007). Este modelo usa los principios básicos de la estructura de Lewis pero considerando en mayor proporción las repulsiones electrostáticas de los electrones compartidos y de los electrones libres (que no participaban de ningún enlace) y asume que de la repulsión que se da entre ellos se busca estar “lo más alejados posible” para adquirir mayor estabilidad. Esto genera una disposición geométrica definida que da cuenta de una estructura molecular más organizada y menos arbitraria.

Según Engel y Reid (2006), los principios básicos de la teoría de la repulsión entre los pares de electrones de la capa de valencia (TRPECV) se pueden resumir en:

- a. Los pares solitarios ocupan mayor espacio angular que los átomos vecinos.
- b. El espacio angular para un átomo enlazante es directamente proporcional a su electronegatividad pero se ve supeditado en todo momento a la electronegatividad del átomo central si la de este último es mayor.
- c. Cuando hay enlaces múltiples se ocupa mayor espacio angular. Muy característico de los compuestos orgánicos insaturados.

Con base en lo anterior se describieron algunas formas geométricas características de los compuestos, considerando la presencia de pares de electrones solitarios como se observa en la Figura 5 6.

Figura 5-6: Clases de geometría molecular en función del conjunto de pares de electrones (Tomado de: http://www.nyu.edu/classes/tuckerman/adv.chem/lectures/lecture_11/node9.html)



El aporte de la TRPECV fue muy importante en la concepción geométrica de los compuestos e intento predecir de manera cualitativa la formación del enlace.

5.6 Pauling y el concepto de la electronegatividad

En 1930 Pauling presentó, a partir de las mediciones experimentales de los calores de formación de un gran número de compuestos, el concepto de electronegatividad como la tendencia que tiene un átomo a atraer los electrones del enlace con otro átomo (Pauling 1932). Este concepto aunque relativo, ha sido muy útil para la comprensión del carácter iónico de un enlace y las variaciones energéticas que en su formación se generan. Además, la electronegatividad permite deducir posibles variaciones estructurales así como efectos inductivos y momentos de polarización que puedan tener las moléculas (Allinger, 2011)

Pauling basado en datos termoquímicos estableció una escala de electronegatividades en su obra "*The nature of the chemical bond*" (Pauling, 1931). En esta escala el carbono posee un valor numérico de 2.5. Este dato es muy similar al de los elementos vecinos del grupo 15 (VA), 16 (VIA) y 17 (VII) de la tabla periódica con los que interacciona para formar compuestos de tipo covalente en alto porcentaje.

5.7 Teoría del enlace de valencia

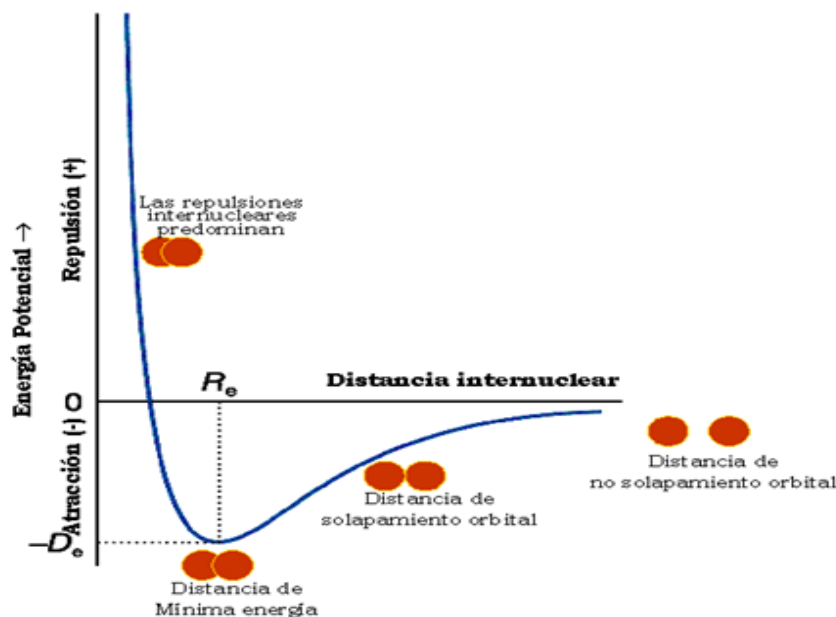
Slater y London en 1927 adelantaron investigaciones sobre la molécula de hidrógeno (H_2) en busca de una explicación más acertada y cuantitativa del enlace químico. Consideraron una situación en la cual ambos átomos (con spins opuestos), se acercaban hasta que empezaban a interactuar, obteniendo como resultado una gráfica como la que se puede observar en la Figura 5-7. En el punto de menor energía la distancia internuclear es de 0.74Å (longitud de enlace para la molécula de hidrógeno) y la atracción intensa de cada núcleo de hidrógeno sobre el par electrónico logra estabilizar el sistema. Posterior a dicho punto la energía se eleva drásticamente debido a la repulsión nuclear entre los dos átomos. (Pauling, 1967; Vemulapalli, 2008).

A partir de cálculos basados en la mecánica cuántica demostraron que en el punto de menor energía era posible un solapamiento de orbitales entre los dos átomos de tal manera que el par electrónico empezaba a ser compartido por ambos núcleos en una nueva región orbital formando un nuevo enlace. Matemáticamente establecieron que el solapamiento no era más que el producto de las dos funciones de onda de cada átomo de hidrógeno como se expresa en la siguiente ecuación (Dekock, 1980):

$$\psi_1 = 1s_a(1) 1s_b(2)$$

Donde a y b son los núcleos de cada átomo; 1 y 2 designa cada electrón

Figura 5-7: Diagrama de energía y distancia internuclear para el hidrógeno (Tomado: http://www.uib.es/facultat/ciencias/prof/josefa.donos/campus/modulos/modulo4/modulo4_3.htm).



Por lo tanto la teoría del enlace de valencia establece que la formación del enlace covalente simple tiene lugar cuando los orbitales correspondientes a dos electrones desapareados de átomos diferentes se superponen o solapan dando lugar a una región común en la cual dos electrones con espines opuestos, tal como lo exige el principio de exclusión de Pauli, ocupan el mismo orbital. Dicho par de electrones compartido constituye el enlace entre los átomos, el cual se forma cuando la energía potencial del sistema alcanza un nivel mínimo.

Con base en dicho modelo Linus Pauling desarrollo todo un estudio minucioso del enlace químico centrandose de manera especial su atención en el átomo de carbono por ser este el centro de la química orgánica y además porque desde los modelos cuánticos aun no era posible la explicación de la formación tetravalente de los enlaces del átomo de carbono.

5.8 Hibridación del átomo de carbono

El átomo de carbono tiene una gran habilidad para combinarse con otros átomos como el hidrogeno, el oxígeno, el nitrógeno el azufre e incluso con otros átomos de carbono, mediante enlaces sencillos, dobles o triples y formar las diversas funciones orgánicas que se conocen en la actualidad.

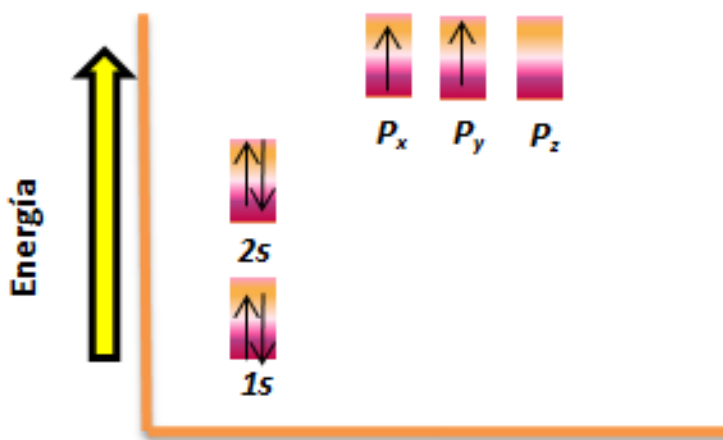
El carbono es capaz de formar tres tipos de enlace gracias al proceso de hibridación (Pauling, 1931; Pauling 1967). Este proceso implica considerar los cuatro orbitales que tiene el carbono en su último nivel de energía, a saber: $2s$, $2p_x$, $2p_y$, $2p_z$, los cuales por encontrarse en la misma región energética se les denomina orbitales degenerados. Estos orbitales se pueden combinar de diferentes maneras para generar nuevos orbitales los cuales reciben el nombre de orbitales híbridos (Casabo i Gispert, 2007).

Matemáticamente en la hibridación las funciones de onda de los orbitales atómicos degenerados se combinan para generar nuevas funciones de onda correspondientes a los nuevos orbitales híbridos (Solomons, 1988).

5.8.1 Hibridación sp^3

De acuerdo con la mecánica cuántica la configuración electrónica de un átomo de carbono en su estado de menor energía (estado basal) es la siguiente (Figura 5-8)

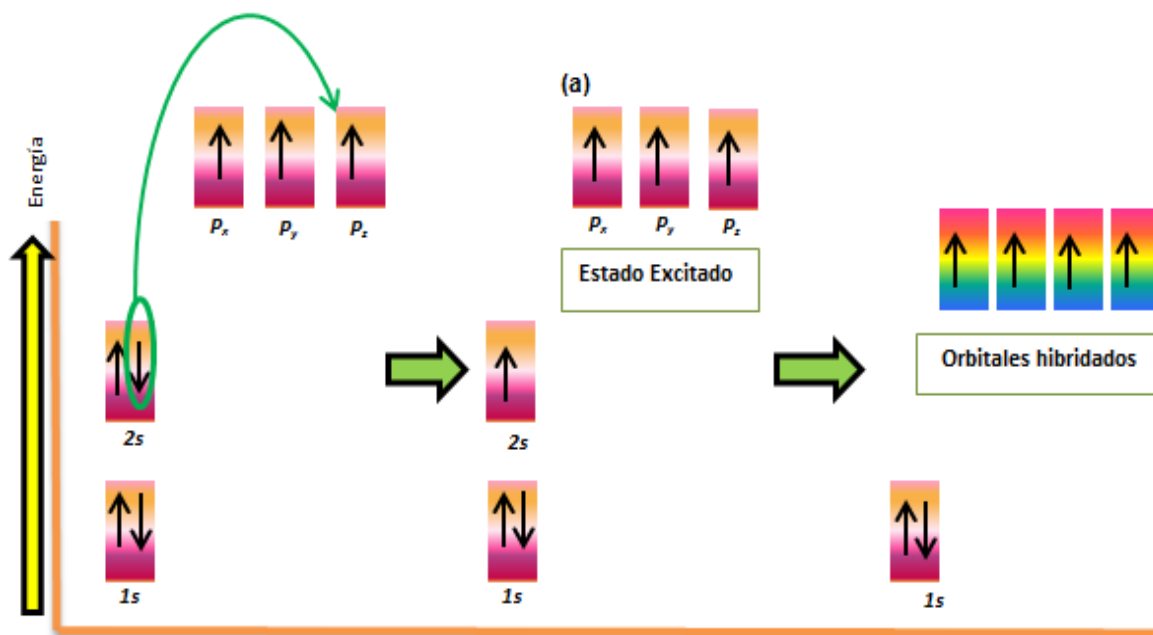
Figura 5-8: Configuración electrónica del carbono en su estado basal ($1s^2 2s^2 2p^2$)

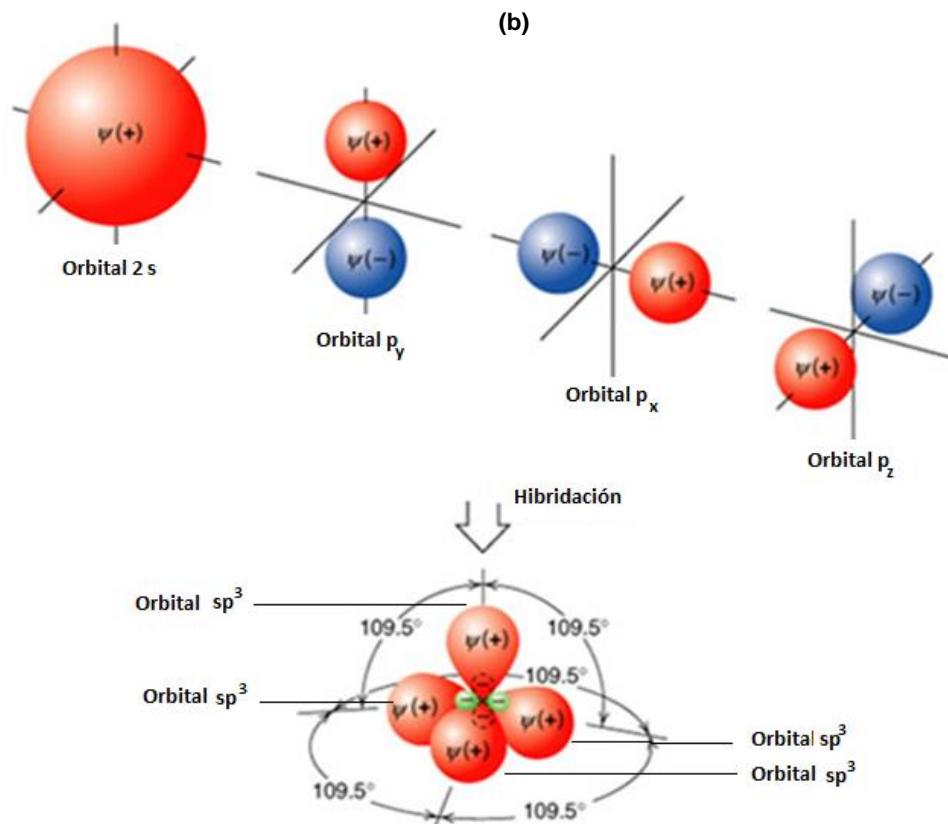


Con la promoción de un electrón del orbital $2s$ a un orbital $2p$ vacío, se generan cuatro electrones desapareados como se observa en la Figura 5-9a. En este proceso se mezclan (o hibridan) los cuatro orbitales $2s$, $2p_x$, $2p_y$ y $2p_z$ formando cuatro nuevos orbitales híbridos denominados sp^3 . Esto requiere cerca de 96kcal/mol , (Fessenden, 1983). Los orbitales híbridos sp^3 tienen un 75% de carácter p y 25% de carácter s (Vollhardt, 2008).

Pauling demostró matemáticamente que en este proceso se obtiene un conjunto de cuatro funciones de onda equivalentes, correspondientes a los orbitales híbridos, los cuales se encuentran orientados espacialmente hacia los vértices de un tetraedro, con un costo energético muy bajo, lo cual se ilustra en la Figura 5-9b (Pauling, 1931; Pauling 1967).

Figura 5-9: Hibridación sp^3 (a) Promoción de un electrón del orbital $2s$ al orbital $2p_z$. (b) Hibridación o mezcla de cuatro orbitales atómicos para para formar cuatro orbitales híbridos sp^3 (Tomado de: Solomons, 1988)

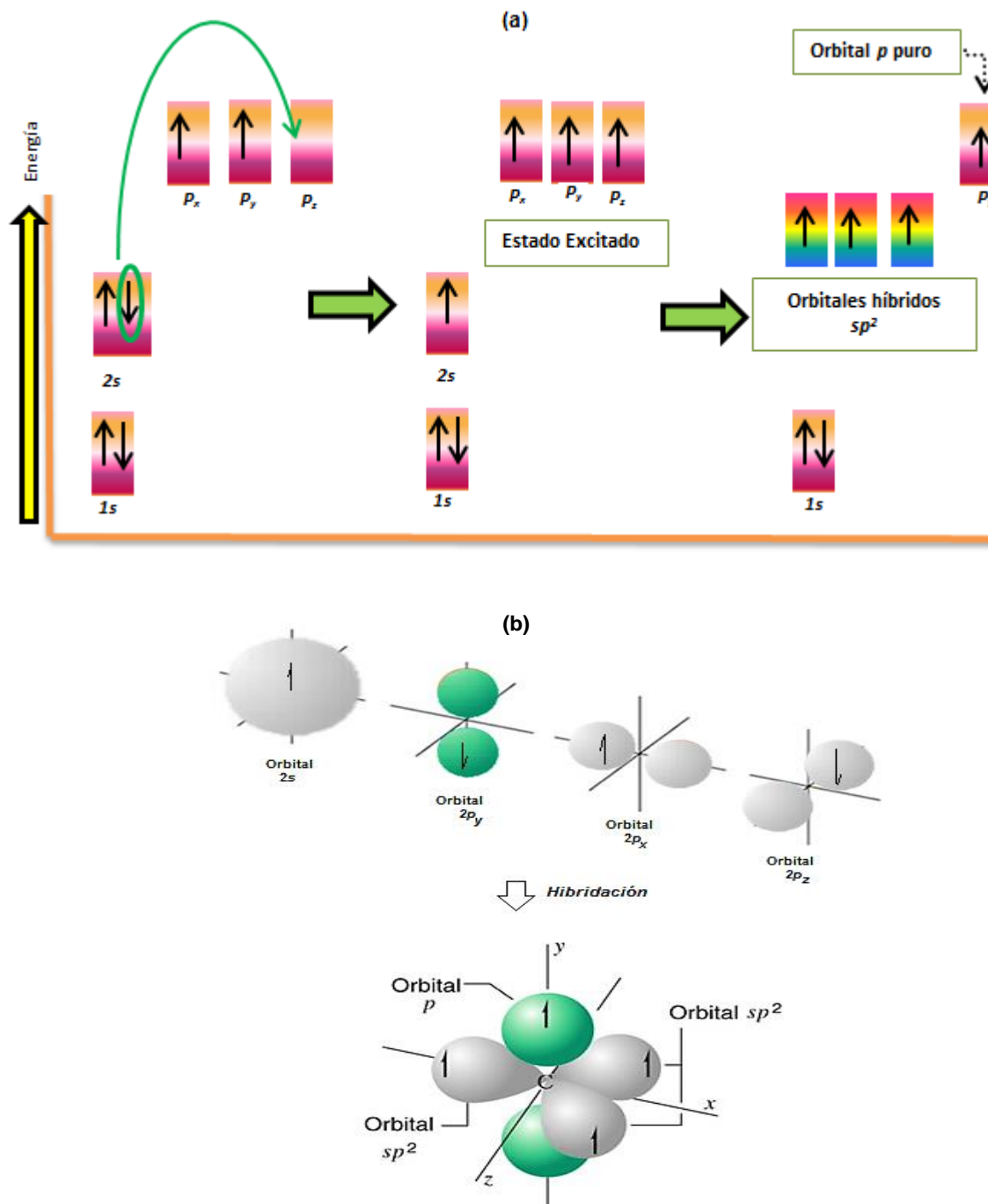




5.8.2 Hibridación sp^2

Partiendo del átomo de carbono en su estado basal, la promoción de un electrón del orbital 2s al orbital $2p_z$ vacío genera, al igual que en el caso anterior, cuatro electrones desapareados; sin embargo, en este caso solo se mezclan o hibridan tres orbitales degenerados: el 2s y dos de los p , quedando un orbital p sin participar al que se le denomina orbital p puro (p_z puro). Como consecuencia de este proceso se obtienen tres nuevos orbitales híbridos denominados sp^2 (Figura 5-10a). Los orbitales híbridos sp^2 tienen un 67 % de carácter p y un 33 % de carácter s (Volhard, 2008). Este procedimiento fue sustentado matemáticamente por Pauling, obteniéndose un conjunto de tres funciones de onda equivalentes, correspondientes a los orbitales híbridos, los cuales generan una estructura geométrica trigonal (con respecto a un plano de simetría) minimizando las repulsiones electrónicas con ángulos de separación de 120° entre ellos. El orbital no hibridado (orbital p puro) se ubica de manera perpendicular al plano de simetría y contiene un electrón solitario (Fessenden, 1983) (Figura 5-10b).

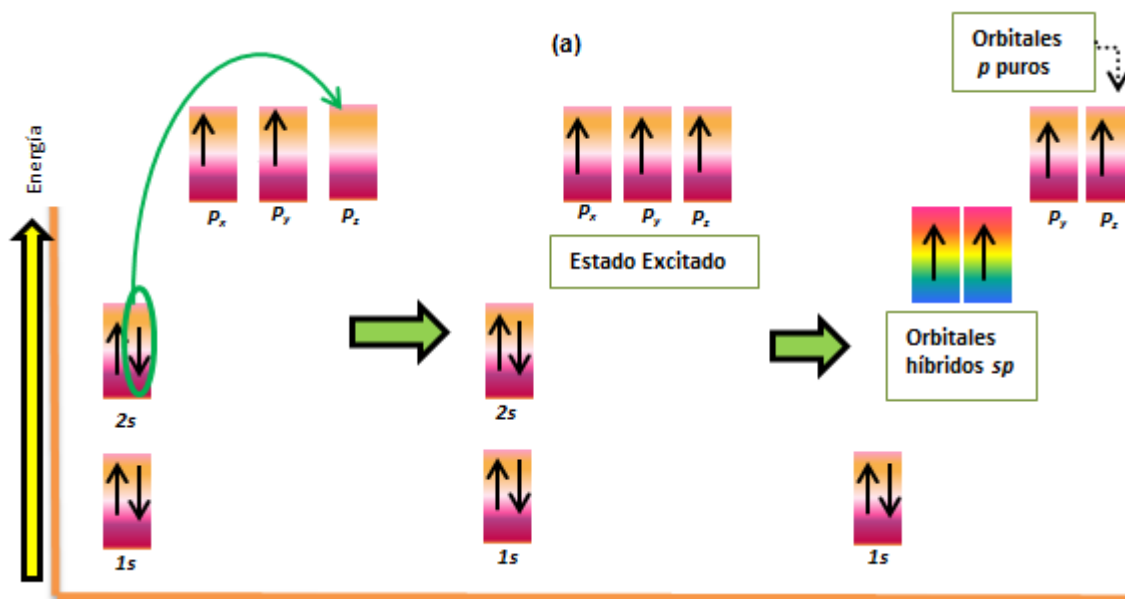
Figura 5-10: Hibridación sp^2 (a) Promoción de un electrón del orbital $2s$ al orbital $2p_z$. (b) Hibridación o mezcla de tres orbitales atómicos para formar tres orbitales híbridos sp^2 (Modificado de <http://www.textoscientificos.com/quimica/organica/hibridacion-carbono>)

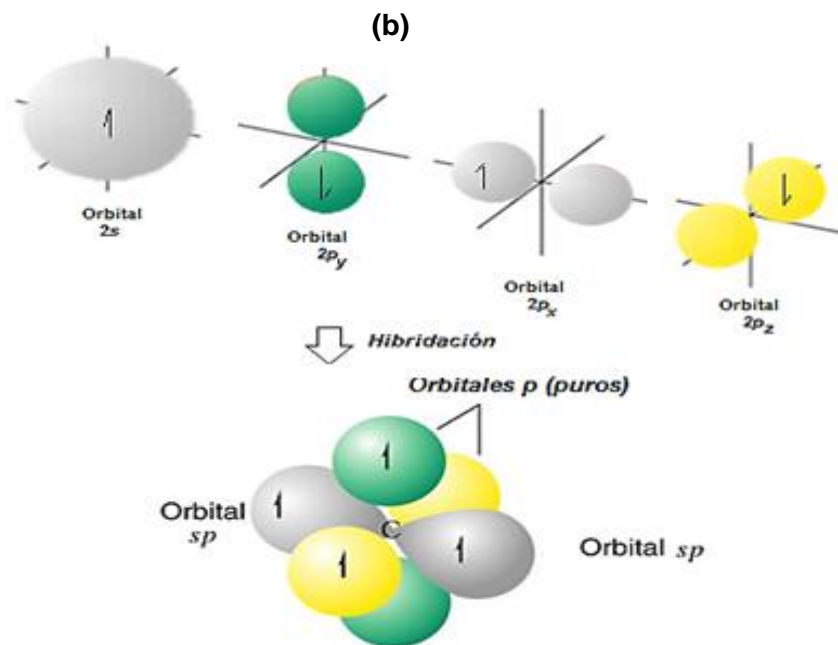


5.8.3 Hibridación sp

En la Hibridación sp , al igual que en las anteriores, se promueve un electrón del orbital $2s$ al $2p$ vacío, pero en este caso el orbital $2s$ solo se mezcla con un orbital $2p$ quedando los otros dos orbitales p en su estado puro (Figura 5-11a). Los orbitales híbridos obtenidos tienen un 50% de carácter s y un 50% de carácter p (Volhard, 2008). Para minimizar su repulsión electrónica los orbitales híbridos se disponen colinealmente con ángulos de 180° entre ellos generando una estructura geométrica plana. Los orbitales p puros quedan cada uno con un electrón desapareado en planos perpendiculares al eje de los dos orbitales híbridos (Figura 5-11b)

Figura 5-11: Hibridación sp (a) Promoción de un electrón del orbital $2s$ al orbital $2p_z$. (b) Hibridación o mezcla de dos orbitales atómicos para para formar dos orbitales híbridos sp (Modificado de <http://www.textoscientificos.com/quimica/organica/hibridacion-carbono>)





5.9 Teoría del orbital molecular

La teoría del orbital molecular (OM) se le ha atribuido a Hund y Mulliken quienes dieron una explicación más precisa sobre la formación del enlace covalente en la molécula de hidrógeno (Vemulapalli, 2008).

La teoría del orbital molecular establece que la formación del enlace covalente se debe al solapamiento de orbitales atómicos para formar dos orbitales moleculares, uno enlazante (de menor energía que los orbitales atómicos independientes) y otro antienlazante de mayor energía. (Cohen y Del Benel, 1969) como se puede observar en la Figura 5-12.

El solapamiento de orbitales se puede generar entre orbitales atómicos puros s , p , $s - p$, y entre orbitales atómicos híbridos para generar orbitales moleculares sigma σ (el enlace sigma es bastante fuerte) (Meislich, 1963). Por su parte, los orbitales p puros cuando se solapan de manera lateral forman orbitales moleculares pi (π) (el enlace pi es mucho más

débil que el enlace *sigma*). En la Figura 5-13 muestra la formación de orbitales moleculares generados por el solapamiento de orbitales atómicos.

Figura 5-12: Diagrama de energía de la formación de orbitales moleculares.

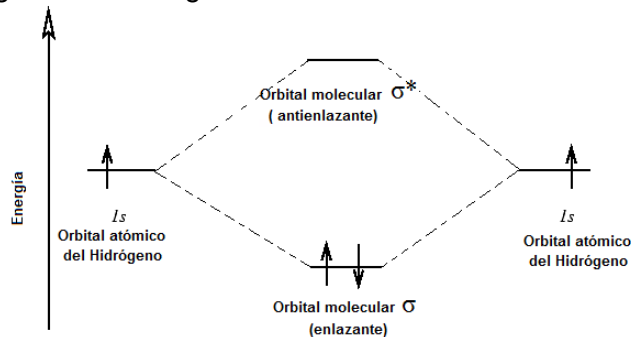
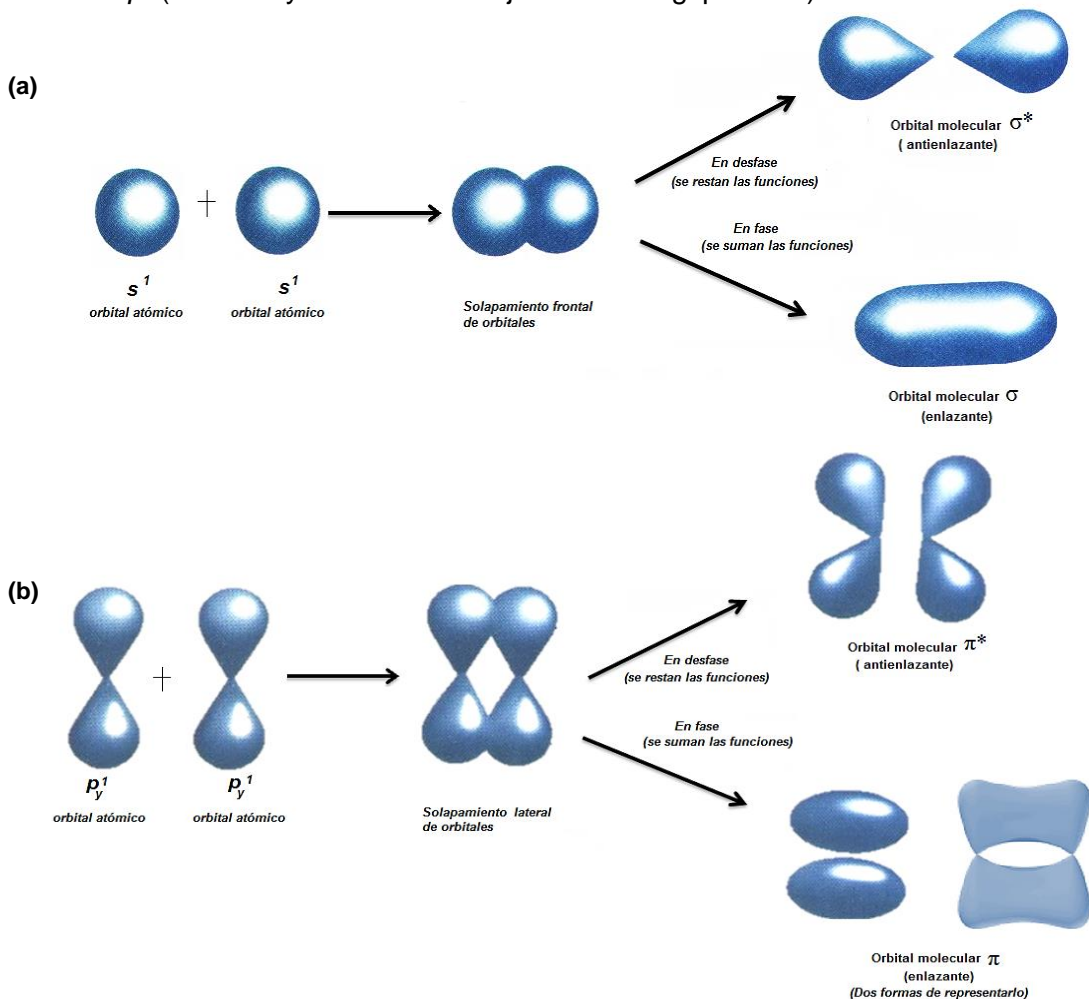


Figura 5-13: Diagrama de orbitales moleculares. **(a)** enlazante – antienlazante por solapamiento de orbitales *s*. **(b)** enlazantes - antienlazantes por solapamiento de orbitales *p*. (Tomado y modificado de: juherrera.blogspot.com).



5.10 La teoría del enlace de valencia y la teoría del orbital molecular.

Ambas teorías convergen en la explicación del enlace químico desde la visión de la mecánica cuántica, para poder explicar la diversidad estructural encontrada en los compuestos orgánicos. El modelo de la hibridación nacido en el corazón de la TEV, además de dar razón sobre la forma como el átomo de carbono reorganiza sus orbitales para ubicar sus electrones y generar una determinada geometría molecular, también contribuye a la elucidación del enlace carbono-carbono, pero esta vez redirigido por los principios fundamentales de la teoría del orbital molecular (OM).

En los hidrocarburos alifáticos predomina el enlace sencillo, el cual se forma por solapamiento frontal de orbitales híbridos sp^3 , sp^2 o sp del átomo de carbono con orbitales s del átomo de hidrógeno o también por solapamiento frontal de orbitales híbridos de dos átomos de carbono lo que genera, en ambos casos, un enlace covalente de tipo sigma (Figura 5-14).

En los compuestos con dobles o triples enlaces, los orbitales híbridos de dos átomos de carbono se solapan frontalmente para formar orbitales moleculares sigma y los orbitales p puros se solapan lateralmente para formar orbitales moleculares π entorno al plano del enlace sigma como se aprecia en la Figura 5-15

En resumen, en un compuesto orgánico:

- La unión de dos átomos de carbono sp^3 genera entre ellos un enlace covalente simple sigma.
- La unión de dos átomos de carbono sp^2 genera entre ellos un enlace covalente doble constituido por dos orbitales moleculares uno sigma y otro pi (π).
- La unión de dos átomos de carbono sp genera entre ellos un enlace covalente triple constituido por tres orbitales moleculares uno sigma y dos pi (π).

Figura 5-14: Formación del enlace sigma en hidrocarburos alifáticos. **(a)** En la molécula del metano por solapamiento de los orbitales s del hidrógeno con orbitales sp^3 del carbono. **(b)** En la molécula del etano por el solapamiento de dos orbitales sp^3 (uno de cada átomo de carbono) **(c)** En la molécula del eteno por el solapamiento de dos orbitales sp^2 (uno de cada átomo de carbono) **(d)** En la molécula del etino por el solapamiento de orbitales sp (uno de cada átomo de carbono). (Tomado y modificado de: <http://www.textoscientificos.com/quimica/organica/hibridacion-carbono>).

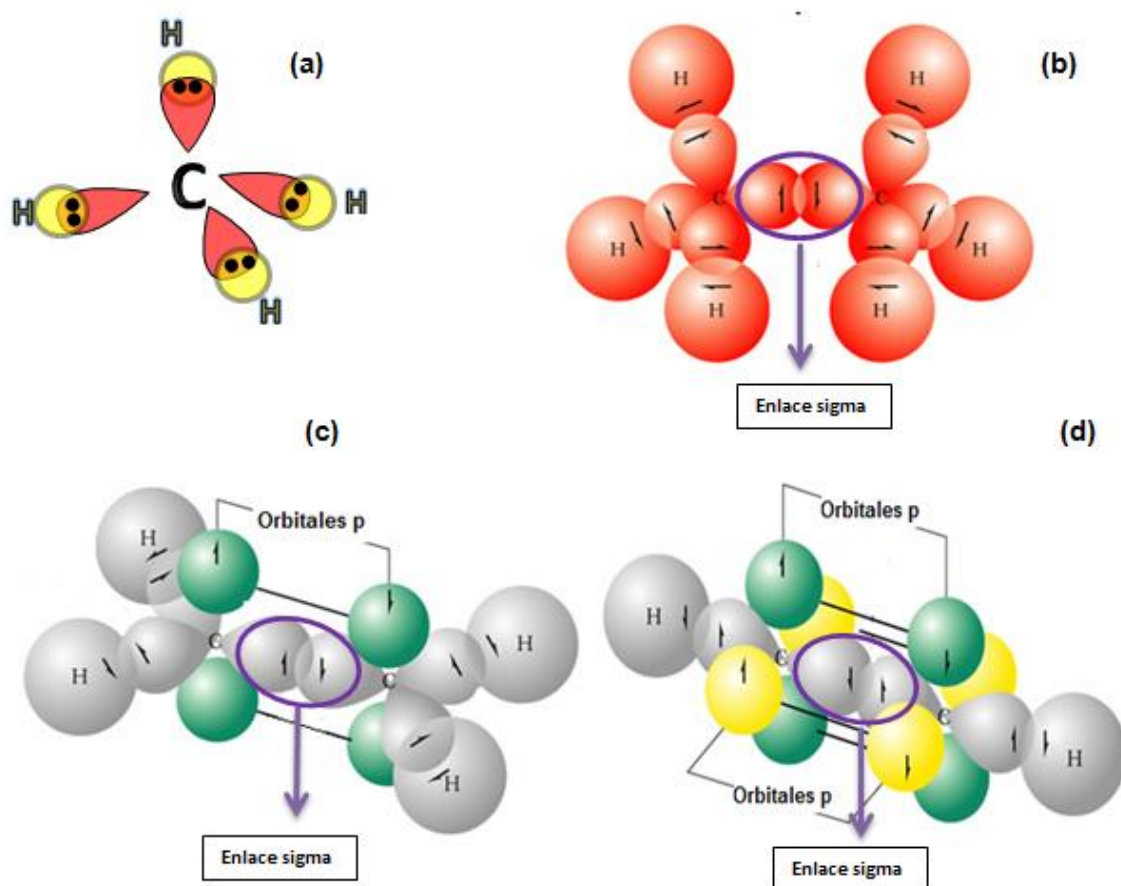
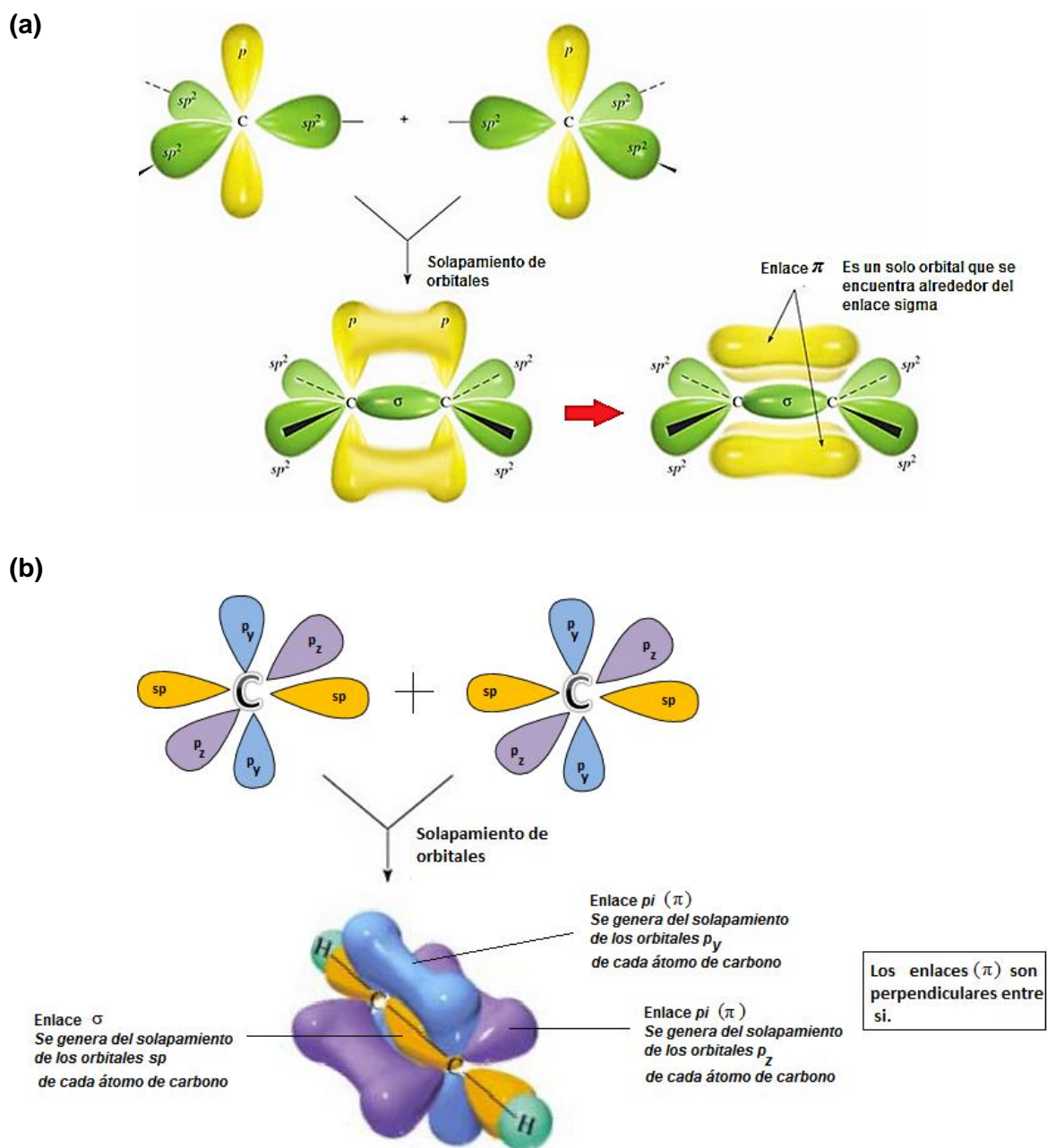


Figura 5-15: Formación del enlace pi en hidrocarburos alifáticos. **(a)** En el eteno (doble enlace). **(b)** En el etino (triple enlace). (Tomado y modificado de http://www.chimica-online.it/download/ibridazione_orbitalica.htm y <http://organicaudla3.wikispaces.com/Estructura+y+propiedades+del+%C3%A1tomo+de+carbono>).



6.Capítulo 6 Aspectos pedagógicos y didácticos

6.1 El constructivismo: base del aprendizaje significativo

El constructivismo es el producto de una serie de movimientos de carácter educativo y psicológico, cuyo fin es abordar la forma en que se da la adquisición del conocimiento. Carretero (1993), lo sintetiza de la siguiente manera: "...es la idea de que el individuo – tanto en los aspectos cognitivos y sociales del comportamiento como en los afectivos – no es un simple producto del ambiente ni resultado de sus disposiciones internas, sino una construcción propia...en consecuencia el conocimiento no es una copia de la realidad, sino una construcción del ser humano", lo que de antemano implica considerar que el individuo es un ser cognoscente, capaz de reflexionar sobre si y su medio encontrando continuamente significados.

Abordar el constructivismo implica entonces, un acercamiento a la mente humana en donde bullen un sin cesar de ideas que se conectan una tras otra para dar poder interpretar y responder a la realidad; este misterioso proceso de asimilación y articulación de significados fundamenta el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La concepción constructivista de acuerdo con Coll (1996) se organiza en torno a tres ideas fundamentales:

- a. El estudiante es el responsable último de su propio proceso de aprendizaje, quien por su experiencia reconstruye los saberes de su contexto y de su cultura.
- b. La actividad mental del individuo se aplica al procesamiento de conocimientos ya elaborados por su comunidad y por tanto no implica de parte de él una reconstrucción de dichos saberes.
- c. El papel del docente es la de guiar y acompañar al educando en su proceso de formación y conferirle un papel más activo. Esto implica que el educando,

reconstruye los nuevos conceptos de tal manera que estos toman significado para él; esto ocurre mediante la creación de relaciones y conexiones conceptuales dentro de un ambiente de aprendizajes significativos.

6.2 El aprendizaje significativo

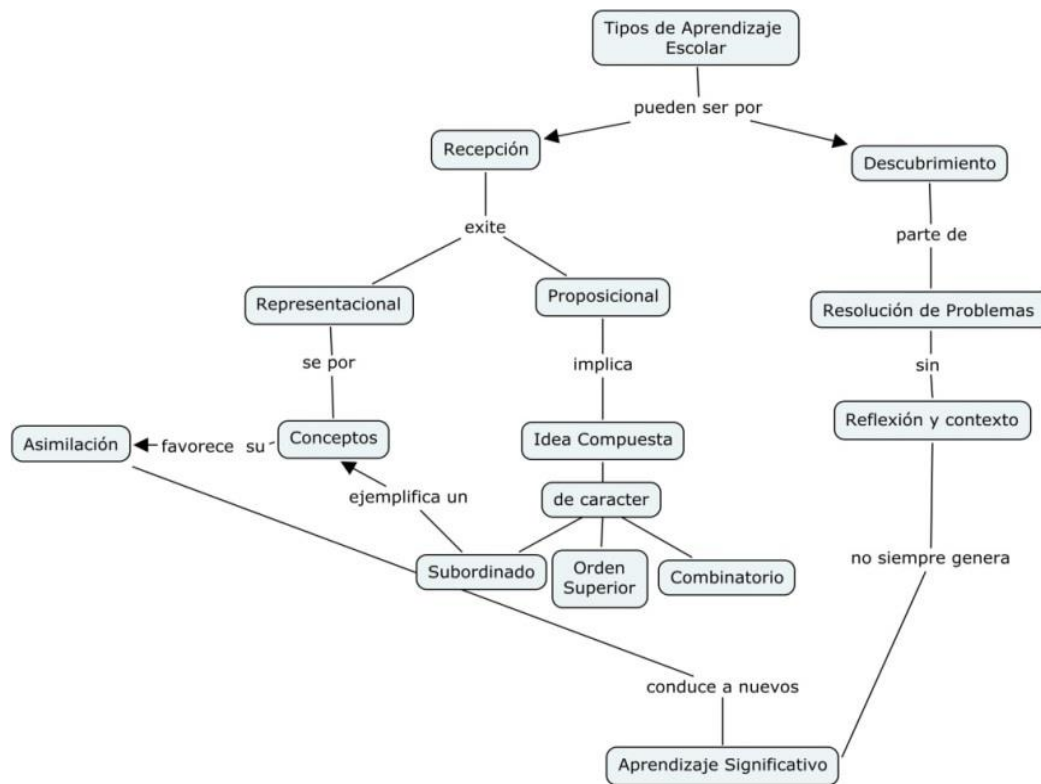
En la década de los sesenta David Ausubel a partir de sus investigaciones en psicología educativa propuso la teoría del *Aprendizaje significativo* como contraposición al aprendizaje memorístico. Según Ausubel (2002) con la expresión aprendizaje significativo se entiende el proceso según el cual “se relaciona un nuevo conocimiento o una nueva información con la estructura cognitiva de la persona que aprende de forma no arbitraria y sustantiva o no literal”. Se produce así una interacción entre esos nuevos contenidos y elementos relevantes presentes en la estructura cognitiva que reciben el nombre de *subsumidores* o ideas de anclaje.

A partir de las preconcepciones que se encuentran en la mente del aprendiz, los nuevos conceptos son dotados de significado. De esa interacción, resulta la transformación de los subsumidores en la estructura cognitiva del estudiante, quedando así diferenciados, elaborados y estables. (Moreira, 2010).

De acuerdo con Ausubel hay que distinguir entre los tipos de aprendizaje que se dan en el aula, en la Figura 6-1 se encuentra un esquema sobre ellos.

De manera general se puede catalogar el aprendizaje significativo como aprendizaje por recepción (no en la visión acumulativa de conceptos), la cual tiene una serie de categorías que le permite al estudiante internalizar en su estructura metacognitiva los nuevos conceptos de tal manera que se articulen con relativa facilidad entre sus preposiciones ancladas (ideas previas) conduciendo a la construcción de significados nuevos y con alto grado de significancia que favorezcan la comprensión. Para Ausubel el aprendizaje significativo se logra cuando al estudiante, se le presenta el material de estudio de manera plausible, ordenada razonable y no aleatoria. (Ausubel, 2002).

Figura 6-1: Tipos de aprendizaje escolar.



Por otro lado el aprendizaje por descubrimiento no siempre conduce al aprendizaje significativo ya que puede caer en la repetición de un sin número de operaciones arbitrarias y con poca claridad.

De acuerdo con Ausubel (Ausubel, 2002), para que se dé el mecanismo de reestructuración metacognitiva en el discente y se logre un auténtico aprendizaje significativo, se requieren superar ciertas etapas:

- Anclaje selectivo del material de aprendizaje a ideas pertinentes existentes en la estructura cognitiva.
- Interacción entre las ideas nuevas y las preexistentes; de este intercambio surge el significado para las ideas nuevas
- Creación del enlace en el intervalo de *retención* (memoria) de los conceptos emergentes con sus correspondientes ideas de anclaje.

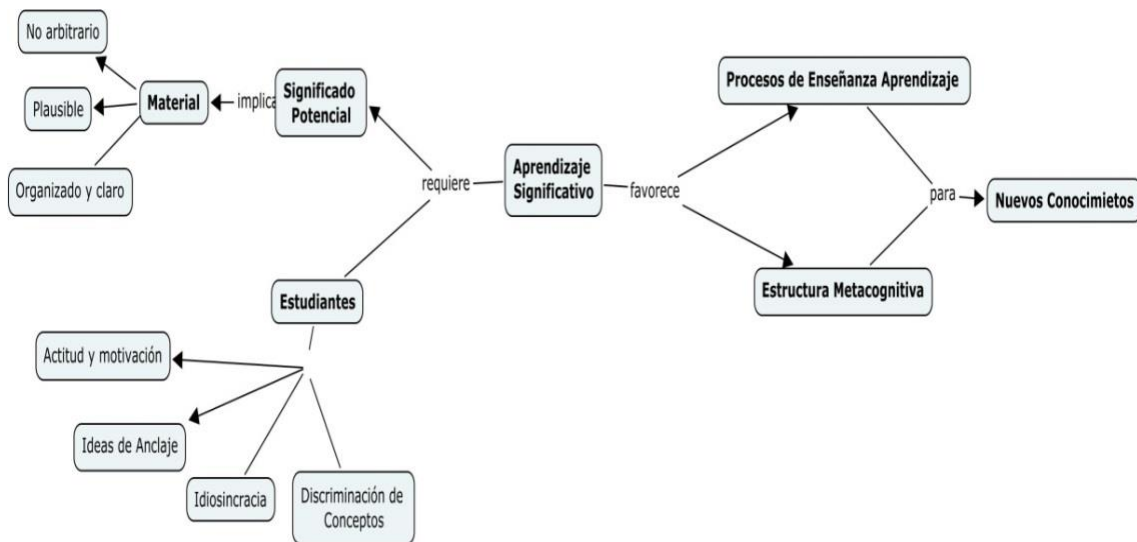
6.2.1 Requisitos para un aprendizaje significativo

Es evidente que para que el aprendizaje sea realmente significativo se deben considerar ciertas variables tanto en la forma como en la estructura cognitiva del educando. En primer lugar, se hace necesario considerar que los contenidos presentados en el aula tengan conexión sustancial y no arbitraria con los conceptos vistos previamente y con la estructura cognitiva del estudiante es decir, que parta de su experiencia y de lo que sabe .

En segundo lugar se debe buscar que el estudiante tenga la disposición y la motivación por aprender. Ello implica que la didáctica usada en el aula de clase ha de ser dinámica y sencilla buscando profundidad en los conceptos antes que la extensión de los contenidos.

En tercer lugar se hace alusión al tipo y naturaleza del material empleado para abordar los contenidos. Este debe tener el cuidadoso diseño para que pueda generar un significado real (o psicológico), o un significado potencial o lógico (Ausubel, 2002; Díaz-Barriga, 2010). La Figura 6-2 resume el proceso y la interacción entre sujeto y el nuevo material (conocimiento) para generar el aprendizaje significativo de los contenidos.

Figura 6-2: Requisitos para el aprendizaje significativo.



6.3 Las tecnologías de información y la comunicación (TIC) en la educación

6.3.1 Definición de las TIC

Es evidente el presuroso cambio que se ha generado en la educación con la incorporación de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y la web 2.0 en las aulas de clase en los últimos años facilitando la interacción entre los docentes, estudiantes y comunidad en general. Esta interacción confluye finalmente en el proceso de enseñanza aprendizaje lo cautiva la atención de la comunidad académica y pedagógica para buscar estrategias que mejoren la práctica educativa y contribuyan al desarrollo integral de todos los educandos.

Las TIC se definen como “el conjunto de procesos y productos derivados de las nuevas herramientas (hardware y software), soportes de la información y canales de comunicación, relacionada con el almacenamiento, procesamiento y transmisión digitalizados de la información de forma rápida en grandes cantidades” (González et al., 1996; Ferro y Otero, 2009).

Las características que poseen las TIC según Cabero (1994) son: a) *la inmaterialidad*, en cuanto a que el objeto de trabajo de las TIC es el procesamiento de la información, la construcción de mensajes sin ningún soporte analógico; b) *la interactividad*, permitiendo la interacción sujeto – ordenador y permitiéndole al individuo modificar la secuencia, tiempo y grado de profundidad de los contenidos; c) *la instantaneidad*, en tiempo sincrónico y asincrónico; d) *la innovación*, nuevas formas de presentación y desarrollo de la información; e) *digitalización*, que permite tratar y gestionar la información en la misma plataforma o interfaz de tal modo que se codifiquen y almacenen bajo la forma de datos numéricos en un sistema binario (Moreira, 2004).

6.3.2 Uso de las TIC en educación

Las TIC se presentan en la educación como una gran herramienta que contribuye a su mejoramiento y mayor calidad, en cuanto ofrecen diferentes herramientas que orientadas por una adecuada didáctica, favorecen y dinamizan los procesos de enseñanza aprendizaje al permitir un mayor grado de profundidad y claridad en los contenidos.

El crecimiento abrumador que han tenido las TIC en la actualidad ha llevado a no solamente considerarlas como herramientas didácticas, sino también como un eje de estudio necesario para los individuos del siglo XXI. La UNESCO (2008) emitió una serie de estándares de competencias para docentes y estudiantes que velan por uso adecuado de las TIC y los conceptos mínimos que un ciudadano debe tener en la sociedad actual:

- “competentes para utilizar tecnologías de la información;
- buscadores, analizadores y evaluadores de información;
- solucionadores de problemas y tomadores de decisiones;
- usuarios creativos y eficaces de herramientas de productividad;
- comunicadores, colaboradores, publicadores y productores; y
- ciudadanos informados, responsables y capaces de contribuir a la sociedad”.

Las TIC y la educación se necesitan pues de su estrecha relación se obtiene mejoras significativas en:

- la *motivación e intereses* de los estudiantes, permitiéndoles asumir con mayor autonomía su proceso de formación a partir de la creación de ambientes virtuales de aprendizaje de carácter colaborativo e interactivo. (Ferro y Otero, 2009; Proszek y Ferreira 2009).
- la innovación en cuanto renueva las formas de enseñanza tradicional dándoles dinamismo y favoreciendo la abstracción (Sanz Lobo et al, 2010);
- la interdisciplinariedad, (Alcántara, 2009),
- el aprendizaje autónomo y cooperativo (Ojeda, 2011).

Las TIC han generado un cambio significativo sobre la concepción que se tenía de los métodos y metodologías en la enseñanza, contribuyendo al fortalecimiento de las teorías didácticas que han buscado cambiar los roles de la educación tradicional.

En la Tabla 6-1 se destacan algunas de las características de la educación tradicional comparada con la educación basada en las TIC de acuerdo con Cabero y Gisbért (2008)

Tabla 6-1: La educación tradicional vs La educación basada en las TIC (Tomado de Cabero y Gisbért, 2008)

Educación Tradicional	Educación basada en las TIC
El Docente es el protagonista del proceso educativo	El Docente guía y participa del proceso-aprendizaje
El estudiante es pasivo y considerado como un cumulo de conocimientos.	El estudiante es activo y considerado como constructor de conocimiento.
El estudiante es desconocido en sus necesidades y por tanto se debe adaptar a la metodología del docente.	El estudiante es reconocido como centro del proceso educativo y por tanto las metodologías consideran los ritmos de aprendizaje
El conocimiento esta dado y transmitido.	El conocimiento es una construcción activa y social
Los materiales (textos, revistas) implican un alto costo lo que limita la calidad educativa	Los contenidos pueden ser adquiridos y actualizados a bajo costo
Parte de materiales impresos y exposiciones magistrales del docente.	Permite la combinación de diferentes materiales (multimedia, hipertexto, web, audiovisuales)
Limita la interdisciplinariedad	Favorece la interdisciplinariedad.
El conocimiento es lineal y en tiempos definidos (limitados)	El conocimiento es globalizado y se puede dar de manera sincrónica o asincrónica.
La enseñanza está sometida al dialogo jerárquico entre el docente y el estudiante	La enseñanza es cooperativa e interactiva.
Tiende a la rigidez temporal	Tiende a la flexibilidad
Se prepara para un lugar y tiempo determinado	Tiende a desarrollarse de manera individual sin que ello signifique la renuncia a actividades grupales
No requiere medios externos a los de un aula de clase	Requiere otros medios visuales, de sonido, ordenadores, internet, software

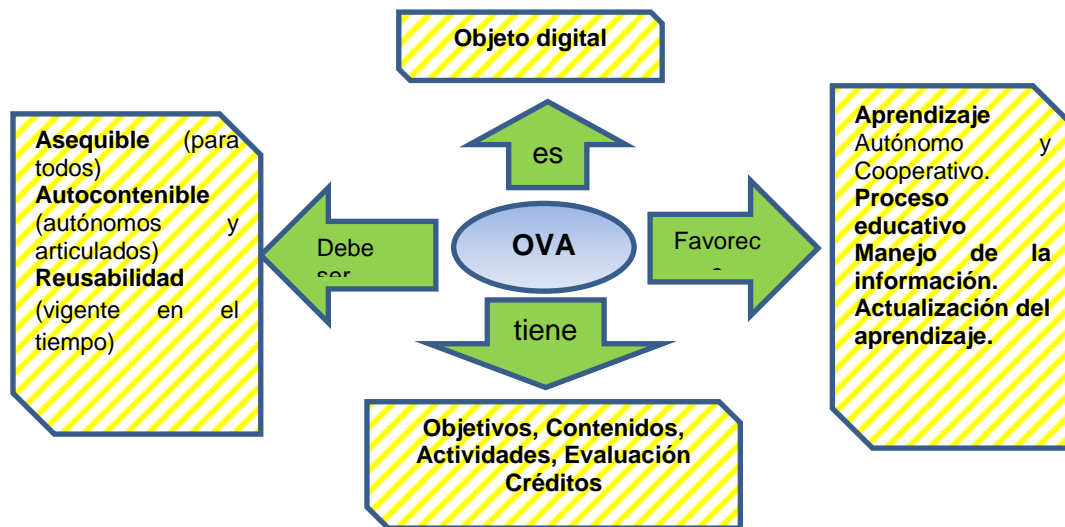
6.3.3 Objeto virtual de aprendizaje (OVA)

Las TIC ofrecen a la educación en ciencias múltiples recursos que se pueden encontrar en Internet para enriquecer el proceso de enseñanza-aprendizaje como: simulaciones, software libre y comercial, Webquests, wikis, chats, foros, blogs, proyectos de clase, museos de ciencias, zoológicos, parques naturales, e incluso redes sociales (Facebook, Twitter, whatsApp) que facilitan la comunicación sincrónica - asincrónica entre el docente y los estudiantes (López, 2007).

Bajo este ambiente hipertextual surge el concepto de *Objeto de Aprendizaje (OA)* por parte de Wayne Hodgins en 1994 (Polsani, 2003). Este mismo objeto de aprendizaje en ambientes virtuales fue redefinido por el Comité de Estándares de Tecnologías de Aprendizaje como: “cualquier entidad, digital o no digital, la cual puede ser usada, re-usada o referenciada durante el aprendizaje apoyado por la tecnología. Ejemplos de aprendizajes apoyados por las tecnologías incluyen sistemas de entrenamiento basados en computador, ambientes de aprendizaje interactivos, sistemas inteligentes de instrucción apoyada por computador, sistemas de aprendizaje a distancia y ambientes de aprendizaje colaborativo” (LTSC, 2005).

Ante la ambigüedad que se venía presentado en cuanto a la concepción de objeto virtual de aprendizaje (OVA), el Ministerio de educación Nacional junto a otras instituciones de educación superior propusieron una definición que dirimiera cualquier tipo de confusión: “un objeto virtual de aprendizaje (OVA) es un conjunto de recursos digitales, autocontenible y reutilizable, con un propósito educativo y constituido por al menos tres componentes internos: Contenidos, actividades de aprendizaje y elementos de contextualización. El objeto de aprendizaje debe tener una estructura de información externa (metadatos) que facilite su almacenamiento, identificación y recuperación” (MEN, 2012; Chiappe, 2007). De manera general la Figura 6-3 resume las principales características, partes y ventajas que se obtienen de un OVA en los procesos educativos.

Figura 6-3: Características y ventajas de un OVA en los procesos educativos.



Por tanto un OVA, es un material digital, que apoya el proceso de enseñanza-aprendizaje y se convierte en una valiosa herramienta que media entre la enseñanza trasmisible de la educación tradicional y el uso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en la educación (Chiappe, 2009).

Los OVA además, favorecen en los estudiantes un proceso de formación más autónoma, interactiva, actual, ordenada y autorregulada respetando sus ritmos de aprendizaje y complementando lo que en el aula no se alcanza a representar o explicar.

6.4 Los estándares de educación y su incidencia en el OVA

Los estándares de competencias se definen como: “los criterios claros y públicos que permiten conocer lo que deben aprender nuestros niños, niñas y jóvenes, y establecen el punto de referencia de lo que están en capacidad de saber y saber hacer, en cada una de las áreas y niveles” (MEN, 2004), y por tanto las acciones educativas que se adelanten deben estar en concordancia con a las exigencias allí consignadas.

Los estándares de competencias buscan acercar a los estudiantes al quehacer científico, de manera que se despierte en ellos intereses, habilidades y actitudes que los motive a

responder a la curiosidad personal, las necesidades de su comunidad y el gusto por el conocimiento.

Las TIC y los estándares no entran en conflicto, están bien diferenciados pero no son ajenos o antagónicos. Los estándares estructuran, definen el horizonte; las TIC permiten y hacen plausible el querer de los estándares, sin que ello implique pensar en que son la “única forma didáctica” que dinamiza el quehacer educativo.

Para la enseñanza de las ciencias naturales, las TIC, mejoran, apoyan y enriquecen las formas metodológicas que se emplean en el aula y por tanto todas las herramientas que de ella se obtengan deberán ser consideradas, sobre todo porque ayuda a potencializar la capacidad de abstracción e indagación de los estudiantes al hacer más inteligible los modelos científicos.

En este marco de referencia, El OVA se convierte en una excelente alternativa para la enseñanza de la hibridación del átomo de carbono puesto que mantiene la coherencia con el derrotero fijado por el MEN sobre lo que el estudiante debe *saber y saber hacer*, al tiempo que hace uso de las herramientas de internet y multimedia con un enfoque didáctico y pedagógico bien definidos.

Para el caso de ciencias naturales – química, en ciclo cinco (décimo y undécimo), se tiene como objetivo final que un estudiante al culminar sus estudios debe saber: “Relacionar la estructura de las moléculas orgánicas e inorgánicas con sus propiedades físicas y químicas y su capacidad de cambio químico” (MEN, 2004). Según la estructura de los mismos estándares, se puede resumir que el camino para llegar a tal objetivo es el conocimiento de la estructura atómica, el intercambio energético, la formación de enlaces químicos y de manera especial, se hace explícito en el documento la importancia de la estructura del átomo carbono al mencionar: “Relaciono la estructura del carbono con la formación de moléculas orgánicas”. En la Figura 6-4 se puede observar la estructura del derrotero de ciencias naturales para ciclo cinco señalando el objetivo (saber) y los conceptos que permiten al estudiante su comprensión y aplicación (saber - hacer),

además de lo concerniente a la importancia de la enseñanza del átomo de carbono en educación media y vocacional.

Figura 6-4: Derrotero para ciclo cinco en ciencias naturales - química.

GRADOS
Décimo a Undécimo

Al final de undécimo grado...

Explico la diversidad biológica como consecuencia de cambios ambientales, genéticos y de relaciones dinámicas dentro de los ecosistemas.

Relaciono la estructura de las moléculas orgánicas e inorgánicas con sus propiedades físicas y químicas y su capacidad de cambio químico.

Objetivo principal (saber)

Para lograrlo...

...me aproximo al conocimiento como científico-a natural	...manejo conocimientos	
	Entorno vivo Procesos biológicos	Entorno físico Procesos químicos
<ul style="list-style-type: none"> Observo y formulo preguntas específicas sobre aplicaciones de teorías científicas. Formulo hipótesis con base en el conocimiento cotidiano, teorías y modelos científicos. Identifico variables que influyen en los resultados de un experimento. Propongo modelos para predecir los resultados de mis experimentos y simulaciones. Realizo mediciones con instrumentos y equipos adecuados. Registro mis observaciones y resultados utilizando esquemas, gráficos y tablas. Registro mis resultados en forma organizada y sin alteración alguna. Establezco diferencias entre descripción, explicación y evidencia. Establezco diferencias entre modelos, teorías, leyes e hipótesis. Utilizo las matemáticas para modelar, analizar y presentar datos y modelos en forma de ecuaciones, funciones y conversiones. Busco información en diferentes fuentes, escojo la pertinente y doy el crédito correspondiente. Establezco relaciones causales y multicausales entre los datos recopilados. Relaciono la información recopilada con los datos de mis experimentos y simulaciones. Interpreto los resultados teniendo en cuenta el orden de magnitud del error experimental. Saco conclusiones de los experimentos que realizo, aunque no obtenga los resultados esperados. Persisto en la búsqueda de respuestas a mis preguntas. Propongo y sustento respuestas a mis preguntas y las comparo con las de otros y con las de teorías científicas. Comunico el proceso de indagación y los resultados, utilizando gráficas, tablas, ecuaciones aritméticas y algebraicas. Relaciono mis conclusiones con las presentadas por otros autores y formulo nuevas preguntas. 	<ul style="list-style-type: none"> Explico la relación entre el ADN, el ambiente y la diversidad de los seres vivos. Establezco relaciones entre mutación, selección natural y herencia. Comparo casos en especies actuales que ilustren diferentes acciones de la selección natural. Explico las relaciones entre materia y energía en las cadenas alimentarias. Argumento la importancia de la fotosíntesis como un proceso de conversión de energía necesaria para organismos aerobios. Busco ejemplos de principios termodinámicos en algunos ecosistemas. Identifico y explico ejemplos del modelo de mecánica de fluidos en los seres vivos. Explico el funcionamiento de neuronas a partir de modelos químicos y eléctricos. Relaciono los ciclos del agua y de los elementos con la energía de los ecosistemas. Explico diversos tipos de relaciones entre especies en los ecosistemas. Establezco relaciones entre individuo, población, comunidad y ecosistema. Explico y comparo algunas adaptaciones de seres vivos en ecosistemas del mundo y de Colombia. 	<ul style="list-style-type: none"> Explico la estructura de los átomos a partir de diferentes teorías. Explico la obtención de energía nuclear a partir de la alteración de la estructura del átomo. Identifico cambios químicos en la vida cotidiana y en el ambiente. Explico los cambios químicos desde diferentes modelos. Explico la relación entre la estructura de los átomos y los enlaces que realiza. Verifico el efecto de presión y temperatura en los cambios químicos. Uso la tabla periódica para determinar propiedades físicas y químicas de los elementos. Realizo cálculos cuantitativos en cambios químicos. Identifico condiciones para controlar la velocidad de cambios químicos. Caracterizo cambios químicos en condiciones de equilibrio. Relaciono la estructura del carbono con la formación de moléculas orgánicas. Relaciono grupos funcionales con las propiedades físicas y químicas de las sustancias. Explico algunos cambios químicos que ocurren en el ser humano.

Conocimiento implicado en el objetivo

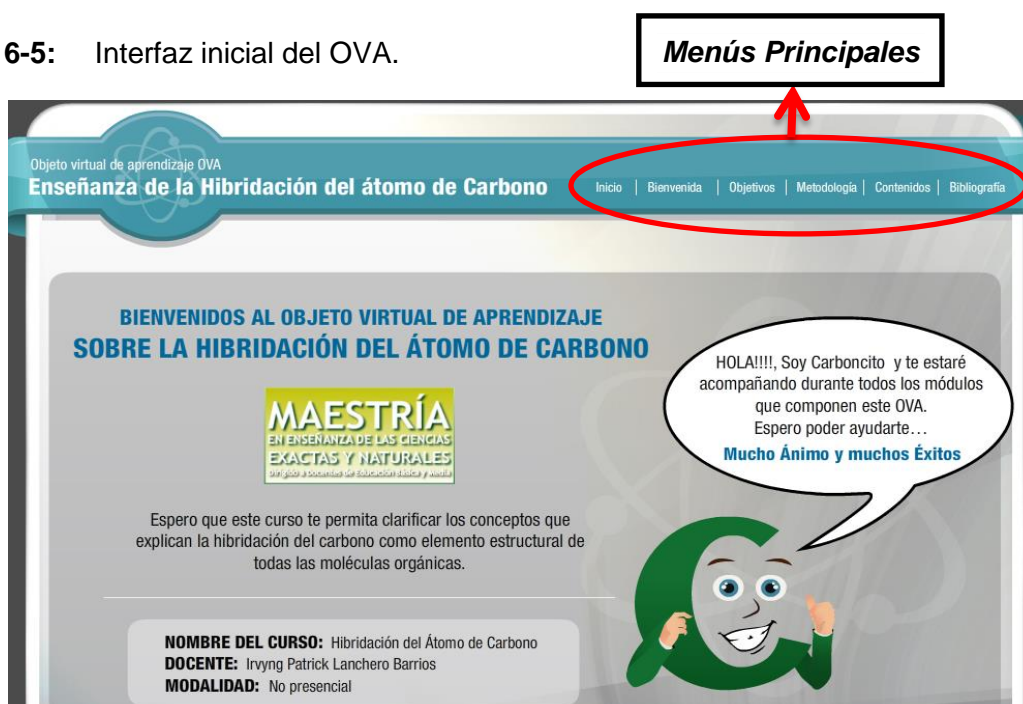
6.5 Objeto virtual de aprendizaje (OVA) para el aprendizaje significativo de la hibridación del átomo de carbono

A partir de los referentes teóricos mencionados en el presente trabajo se elaboró un OVA como estrategia cognitiva basada en el aprendizaje significativo, mediante la cual el estudiante tiene un acercamiento sencillo, claro, dinámico y organizado de la hibridación del átomo de carbono.

La dificultad que presentan los educandos en cuanto a la abstracción y comprensión de la tetravalencia del átomo de carbono fue el punto de partida para el diseño del OVA.

El OVA se diseñó a partir de las posibles preconcepciones que sobre el enlace químico tienen los estudiantes. Para ello se crearon seis menús principales que indican al lector la intencionalidad y temática a abordar dentro del OVA. En la Figura 6-5 se observa la interfaz general del OVA en donde se encuentran los menús principales: Inicio, Bienvenida, Objetivos, Metodología, Contenidos, Bibliografía y la presentación general del curso de los cuales se hará a continuación una breve descripción

Figura 6-5: Interfaz inicial del OVA.



Inicio: Es la primera ventana que aparece en la pantalla de un computador cuando se inicia el OVA. Contiene los menús principales, el nombre del curso y la modalidad en la que se toma el curso; además se encuentra la presentación del “guía” del curso llamado *carboncito*.

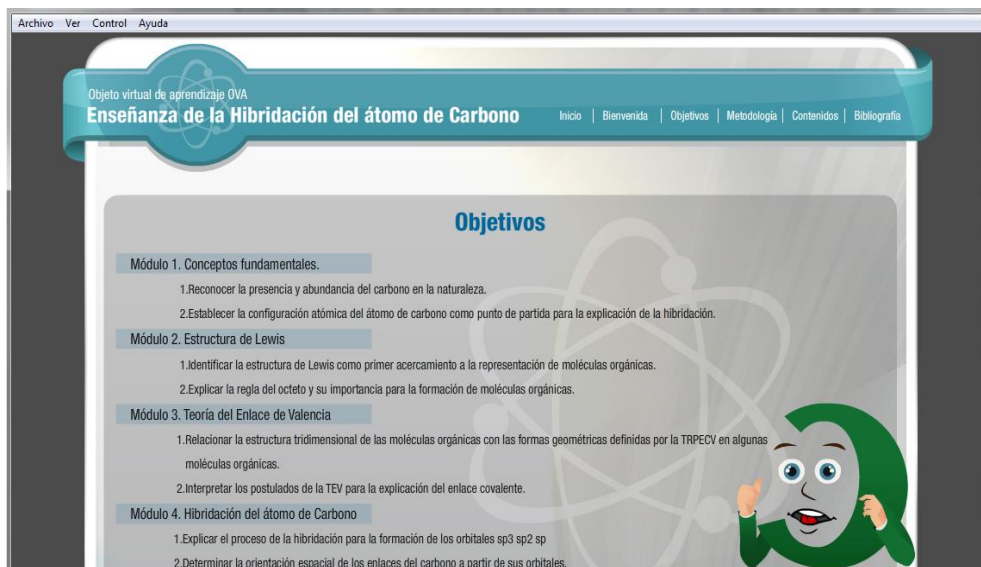
Bienvenida: Contiene la presentación general del curso (Figura 6-6), su énfasis y descripción general dejando claro que es una herramienta de carácter virtual que apoya el tema de la hibridación del átomo de carbono.

Figura 6-6: Interfaz de bienvenida en el OVA



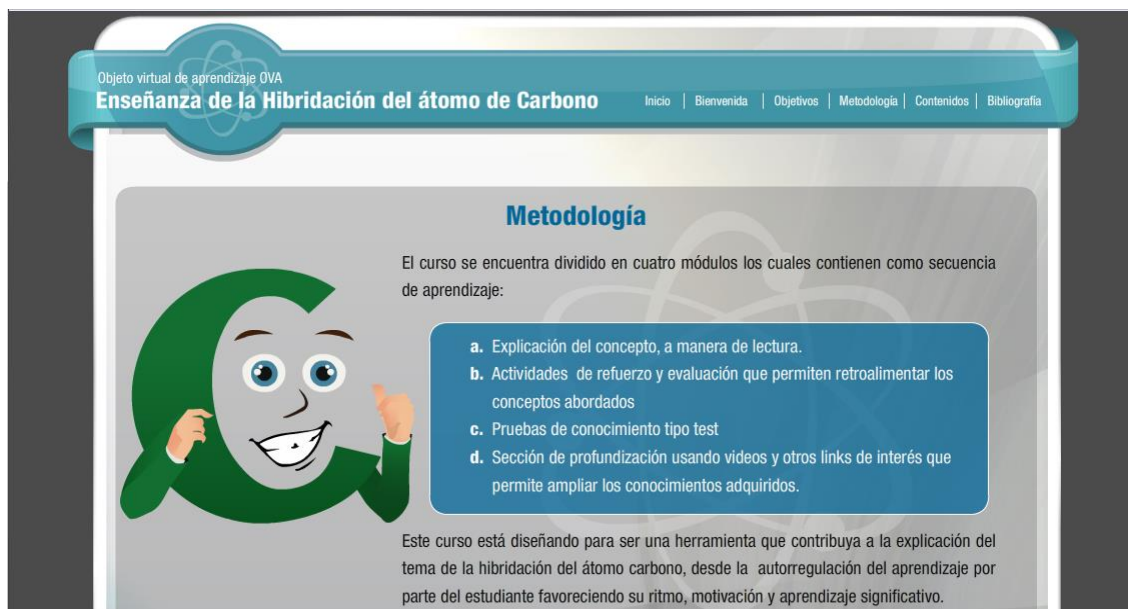
Objetivos: En esta sección (Figura 6-7) se encuentran los objetivos específicos de cada módulo señalando las competencias conceptuales que los estudiantes deben ir alcanzando. Todos los objetivos se hicieron teniendo los estándares de competencias de ciencias naturales para ciclo cinco.

Figura 6-7: Interfaz de los objetivos del OVA



Metodología: Se hace un breve comentario sobre la estructura que tiene cada módulo (Figura 6-8). De manera general cada módulo consta de:

- *Lectura sobre el concepto a aprender.* Algunas de ellas tienen hipervínculos dentro del OVA o a enlaces externos.
- *Actividades de retroalimentación:* permiten mediante la interacción estudiante – OVA, repasar y reforzar los contenidos aprendidos usando juegos o actividades haciendo del proceso de aprendizaje algo más lúdico y ameno.
- *Amplia tus conocimientos:* en este apartado el estudiante tiene la oportunidad de visitar otras páginas web (videos, simulaciones u otras actividades) para profundizar los temas vistos y mejorar su comprensión.
- *Evaluación tipo test:* Son una serie de preguntas conceptuales sobre los temas vistos en el módulo. Se constituye en una más de las actividades del OVA que busca fortalecer (junto con las otras actividades) el proceso de evaluación formativa del aprendizaje del estudiante. Al finalizar todo el módulo el estudiante deberá elaborar un mapa conceptual en *cmaptools* (*software libre, para hacer mapas conceptuales*)

Figura 6-8: Interfaz de la metodología del OVA


Objeto virtual de aprendizaje OVA
Enseñanza de la Hibridación del átomo de Carbono

Inicio | Bienvenida | Objetivos | Metodología | Contenidos | Bibliografía

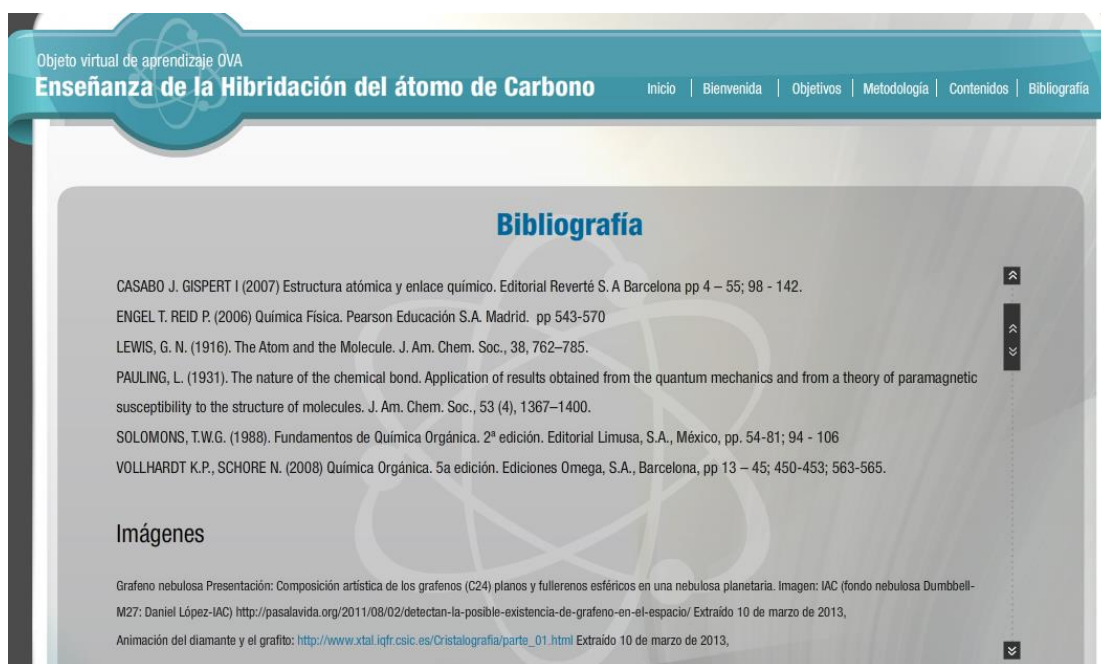
Metodología

El curso se encuentra dividido en cuatro módulos los cuales contienen como secuencia de aprendizaje:

- Explicación del concepto, a manera de lectura.
- Actividades de refuerzo y evaluación que permiten retroalimentar los conceptos abordados
- Pruebas de conocimiento tipo test
- Sección de profundización usando videos y otros links de interés que permite ampliar los conocimientos adquiridos.

Este curso está diseñado para ser una herramienta que contribuya a la explicación del tema de la hibridación del átomo de carbono, desde la autorregulación del aprendizaje por parte del estudiante favoreciendo su ritmo, motivación y aprendizaje significativo.

Bibliografía: sección que incluye las referencias de los textos y páginas web con las cuales se trabajó en la elaboración del OVA (Figura 6-9)

Figura 6-9: Interfaz de la bibliografía del OVA


Objeto virtual de aprendizaje OVA
Enseñanza de la Hibridación del átomo de Carbono

Inicio | Bienvenida | Objetivos | Metodología | Contenidos | Bibliografía

Bibliografía

CASABO J. GISPERT I (2007) Estructura atómica y enlace químico. Editorial Reverté S. A Barcelona pp 4 – 55; 98 - 142.

ENGEL T. REID P. (2006) Química Física. Pearson Educación S.A. Madrid. pp 543-570

LEWIS, G. N. (1916). The Atom and the Molecule. J. Am. Chem. Soc., 38, 762–785.

PAULING, L. (1931). The nature of the chemical bond. Application of results obtained from the quantum mechanics and from a theory of paramagnetic susceptibility to the structure of molecules. J. Am. Chem. Soc., 53 (4), 1367–1400.

SOLOMONS, T.W.G. (1988). Fundamentos de Química Orgánica. 2ª edición. Editorial Limusa, S.A., México, pp. 54-81; 94 - 106

VOLLHARDT K.P., SCHORE N. (2008) Química Orgánica. 5a edición. Ediciones Omega, S.A., Barcelona, pp 13 – 45; 450-453; 563-565.

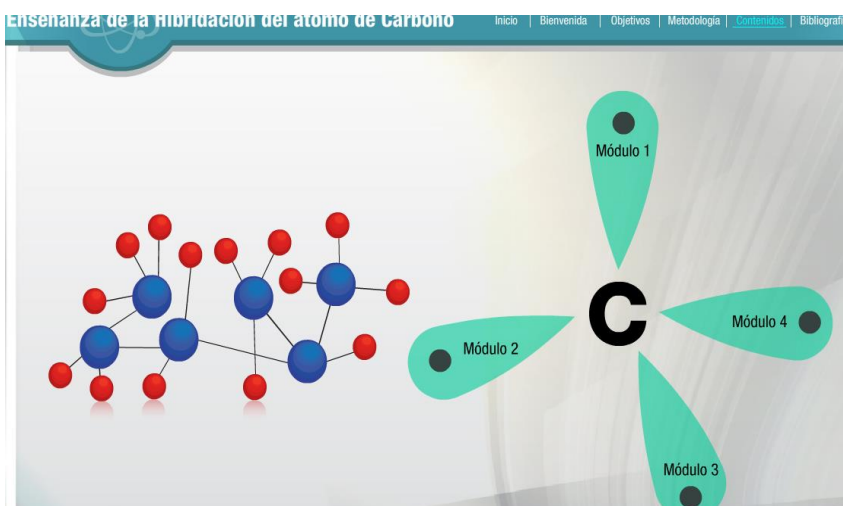
Imágenes

Grafeno nebulosa Presentación: Composición artística de los grafenos (C24) planos y fullerenos esféricos en una nebulosa planetaria. Imagen: IAC (fondo nebulosa Dumbbell-M27; Daniel López-IAC) <http://pasalavida.org/2011/08/02/detectar-la-possible-existencia-de-grafeno-en-el-espacio/> Extraído 10 de marzo de 2013,

Animación del diamante y el grafito: http://www.xtal.iqfr.csic.es/Cristalografia/parte_01.html Extraído 10 de marzo de 2013.

Contenidos: área de trabajo en donde el estudiante realizará el estudio de cada tema, así como las actividad y evaluaciones que acompañan cada módulo. Los módulos se despliegan al dar clic sobre el respectivo orbital híbrido sp^3 de un átomo de carbono. (Figura 6-10).

Figura 6-10: Interfaz de la sección de contenidos del OVA.

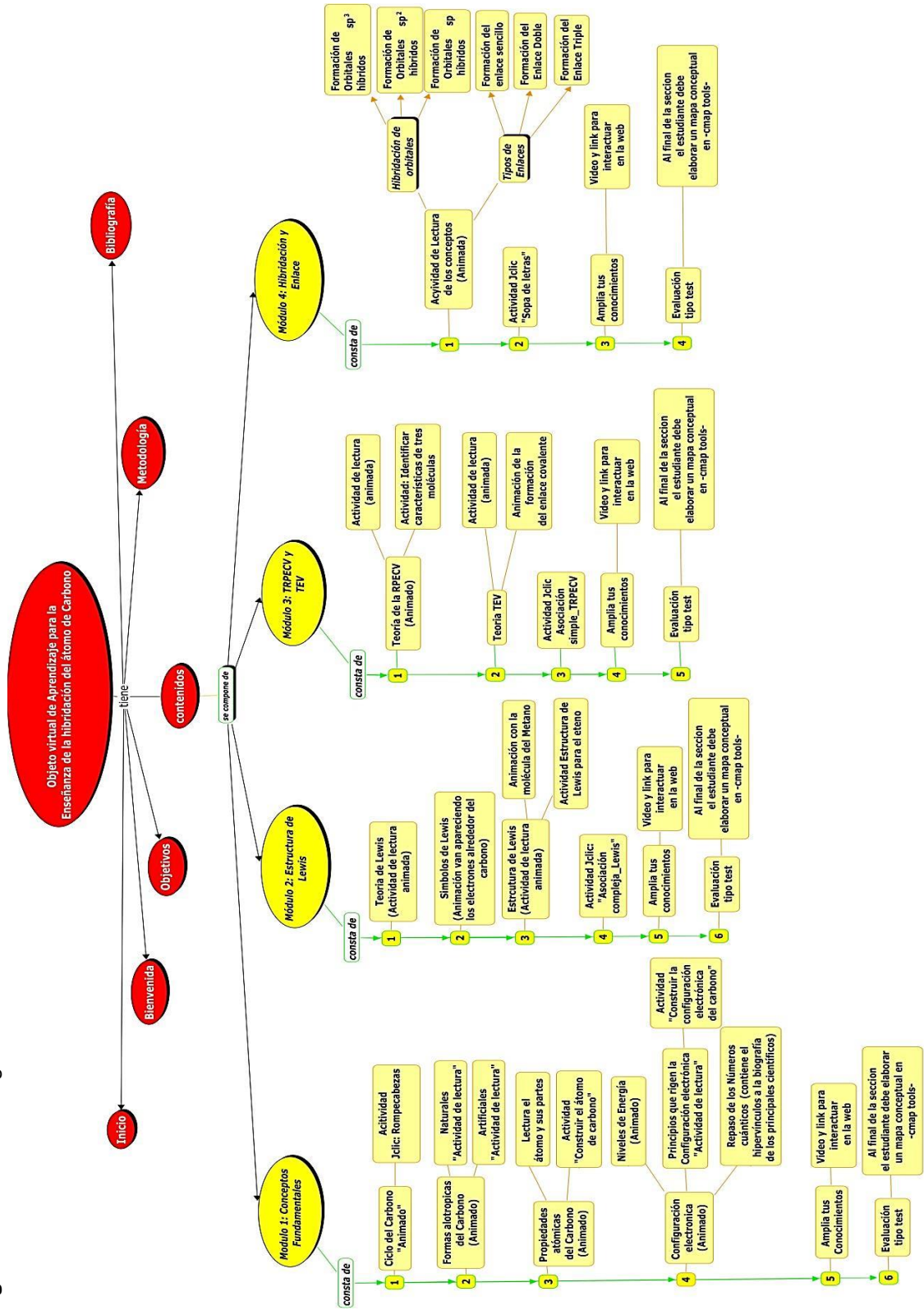


En la Figura 6-11 se puede observar la estructura general del OVA la cual consta de cuatro módulos a saber:

- Conceptos fundamentales
- Estructura de Lewis
- Teoría del Enlace de Valencia
- Hibridación del átomo de Carbono.

Para acceder al contenido completo del objeto virtual de aprendizaje **se anexa una copia magnética desde donde podrá ser ejecuta**. Cuando se abra el OVA, el ordenador deberá estar conectado a internet para tener acceso a la totalidad de las actividades; es posible que al abrir algunas de ellas aparezca una advertencia sobre la seguridad del contenido, esto se debe a que la mayoría de navegadores detectan programas de flash y java como posibles amenazas. Sin embargo se puede dar “aceptar” o “ejecutar” (según sea el caso) sin ningún peligro y de esta manera ver todo el material educativo del OVA.

Figura 6-11: Estructura general del OVA



6.5.1 La estrategia de evaluación para el OVA

La presente propuesta se enmarca dentro de un concepto pedagógico constructivista y el modelo didáctico de aprendizaje significativo. Se busca que el estudiante sea capaz de estar en constante “reconstrucción” de su conocimiento aprendiendo a autorregular su proceso de aprendizaje.

Al combinar las TIC con la evaluación es posible caer en los mismos errores de la educación tradicional donde evaluar es sinónimo de calificar cosa que dista del concepto real de evaluación (Gil Pérez et al, 1996). Por tal razón, el modelo de evaluación que se considera en el OVA, involucra las consideraciones hechas por Jorba y Casella para que sea un proceso de evaluación formativa e integral permitiendo el aprendizaje de los estudiantes (Jorba, 1997). Por tanto es necesario: a) elaborar un instrumento de ideas previas o prueba diagnóstica que permita establecer las preconcepciones de los estudiantes; b) comunicación y representación de los objetivos mediante las actividades a desarrollar en el OVA; c) Construcción de la matriz de regulación de los aprendizajes correlacionando las actividades propuestas; d) Resolución de algunas pruebas estandarizadas, lo cual no entra en divergencia con la evaluación formativa.

- **Instrumento de ideas previas.** A partir de una corta prueba el estudiante tiene la oportunidad de revisar algunos conceptos indispensables para poder abordar los nuevos temas. (El instrumento de ideas previas se encuentra anexo en el medio magnético junto al OVA)
- **Comunicación de los objetivos.** En la sección *objetivos del OVA*, están descritos para cada módulo y los estudiantes pueden hacer allí su lectura.
- **Construcción de la matriz de evaluación y pruebas evaluativas.** Luego de considerar los dos ítems anteriores se procede a la realización de las actividades considerando su categorización y pertenecía en el proceso de enseñanza aprendizaje. En la Tabla 6-2 se puede observar la relación entre el objetivo, la actividad propuesta y el criterio de valoración frente al proceso evaluativo del estudiante. Cabe señalar que la matriz propuesta se debe llevar para cada uno estudiantes de la clase. (Evaluación personalizada)

En la casilla de *proceso* se observa que hay cuatro subdivisiones, cada una con un número el cual sirve de convención para identificar y tabular el rendimiento académico, compromiso y responsabilidad del estudiante. El significado de cada número es

- 1:** Hace bien la actividad en 1 o 2 intentos **2.** Hace bien la actividad luego de 3 intentos
3. Se le dificulta hacer la actividad **4.** No hace la actividad.

En la casilla de *prueba tipo test*, se observa que hay cuatro subdivisiones cada una con un número, el cual sirve de convención para identificar y tabular el rendimiento cognitivo (conceptual) del estudiante. El significado de cada número es

- 1:** Completa la prueba correctamente en 1 o 2 intentos.
2. Completa la prueba correctamente luego de 3 intentos
3. Presenta tres respuestas equivocadas **4.** No soluciona la prueba.

En la casilla *valoración final*, se observa que hay cuatro subdivisiones cada una con un número, el cual sirve de convención para identificar como fue el rendimiento académico y de responsabilidad por parte del estudiante. El significado de cada número es

- 1:** Comprende y maneja muy bien el concepto
2: Comprende y maneja el concepto
3: Necesita refuerzo antes de seguir al siguiente tema.
4. Presenta dificultades en la comprensión del concepto / No hace la actividad.

Como se puede observar la evaluación antes que ser un instrumento sancionatorio o meramente calificativo, responde a un diagnóstico más claro y formativo tanto para el docente, que puede identificar en dónde y en qué se presentan las principales dificultades del proceso de aprendizaje, así como para los estudiantes, quienes ya no se encasillan en una nota sino que por el contrario, asumen sus compromisos académicos con mayor responsabilidad e interés por el gusto y la necesidad de aprender.

7. Capítulo 7 Metodología

La elaboración del objeto virtual de aprendizaje comprendió cuatro etapas a saber:

Etapa 1: Consulta bibliográfica

Etapa 2: Selección de los contenidos a tratar en el OVA

Etapa 3: Diagramación del OVA

Etapa 4: Elaboración del OVA y redacción del documento final.

A continuación se hará una breve descripción de cada una de las etapas.

7.1 Etapa 1: Consulta bibliográfica

En esta etapa se realizó la búsqueda, recopilación y selección de la información correspondiente al concepto de la *Hibridación del átomo de carbono*, para la construcción de un marco teórico desde la perspectiva histórica - epistemológica y disciplinar, con el fin de señalar su importancia y necesidad en la explicación de la formación de los compuestos orgánicos, sus propiedades y estructura. De igual manera se realizó en el aspecto didáctico, teniendo especial atención en las últimas investigaciones sobre el impacto de las TIC en la educación.

Desde el inicio del proyecto y hasta su entrega final, se mantuvo una revisión bibliográfica rigurosa en las principales bases de datos, revistas internacionales y libros.

7.2 Etapa 2: Selección de los contenidos a tratar en el OVA

Para el diseño del OVA, se escogieron por su pertinencia y necesidad cognitiva un conjunto de temas que fueron agrupados en cuatro módulos los cuales se organizaron dentro de la estructura del OVA en grado creciente de complejidad siendo la hibridación

del átomo de carbono el concepto cumbre y final del OVA. En la Tabla 7-1 se encuentra discriminados los módulos con sus respectivos temas:

Tabla 7-1: Selección de los módulos y temas para el OVA

Módulo 1	<ul style="list-style-type: none">• Ciclo del carbono.• Formas alotrópicas del carbono.• Propiedades químicas del átomo de carbono• Notación espectral.
Módulo 2	<ul style="list-style-type: none">• Teoría de Lewis y regla del octeto.
Módulo 3	<ul style="list-style-type: none">• Teoría de repulsión de pares electrónicos de la capa de valencia (RPECV).• Teoría del enlace de Valencia: solapamiento de orbitales atómicos
Módulo 4	<ul style="list-style-type: none">• Hibridación de orbitales atómicos en el átomo de carbono• La hibridación en el proceso de formación de enlaces en hidrocarburos alifáticos.

Luego de haber creado los cuatro módulos, se procedió al diseño de las actividades, lecturas, selección de videos y páginas web que complementaron el estudio realizado

7.3 Diagramación del OVA

El OVA se elaboró empleando software libre. La totalidad del OVA se diseñó en *flash*® por las ventajas que ofrece este programa en todo lo relacionado con animaciones. Sin embargo, para el diseño de algunas actividades se usó JClic, que es un entorno para la creación, realización y evaluación de actividades educativas multimedia, desarrollado en la plataforma Java. Por tal razón, al iniciar el OVA y dar clic en algunas actividades puede aparecer un mensaje de peligro para el ordenador. No hay de que afanarse y por el contrario se puede “aceptar” y “ejecutar” el archivo sin ningún inconveniente.

Las evaluaciones tipo test fueron diseñadas en exelearning e insertadas en *flash*®

7.4 Elaboración del OVA y redacción del documento final

Finalmente se elaboró un objeto virtual de aprendizaje como estrategia didáctica para el aprendizaje significativo de la hibridación del átomo de carbono el cual se anexó al presente documento en medio magnético.

8. Conclusiones y recomendaciones

8.1 Conclusiones

Se elaboró un objeto virtual de aprendizaje como estrategia didáctica para la enseñanza de la hibridación del átomo de carbono en el aula. Esto permite generar nuevos ambientes de aprendizaje para la enseñanza de las ciencias usando las TIC de manera clara, estructurada y pedagógica.

El OVA permitirá abordar la hibridación del átomo de carbono, resaltando la importancia que tiene este concepto en la explicación de la formación, propiedades y estructura de los compuestos orgánicos.

La elaboración de un referente epistemológico para la hibridación del átomo de carbono se reviste de gran importancia en cuanto muestra como a lo largo de la historia el conocimiento en química no es un producto del azar sino de la investigación dinámica, sistemática, ordenada, cuidadosa y analítica de un grupo de personas que viviendo su historia se arriesgaron por cuestionarla e ir más allá de lo que se les permitía. Esto sirve como punto de partida para motivar a los estudiantes hacia el estudio por las ciencias y quitar los prejuicios que hacia ella expresan.

El marco disciplinar que se hizo, favorece la actualización, el aprendizaje, la interdisciplinariedad y el dominio conceptual en el docente, al profundizar en los conceptos necesarios para la explicación adecuada de la hibridación del átomo de carbono.

8.2 Recomendaciones

La estructura del OVA permite a los estudiantes iniciar su proceso de aprendizaje por el módulo que más les llame la atención. De igual manera el docente de acuerdo a sus criterios puede redirigir el orden en que se presentan los módulos conforme a las necesidades de sus estudiantes. Sin embargo, se sugiere realizar las actividades manteniendo la secuencia propuesta en el OVA a fin de reforzar las ideas de anclaje que manejan los estudiantes y así favorecer el aprendizaje significativo de la hibridación del átomo de carbono.

Al finalizar cada módulo es indispensable que los estudiantes realicen el mapa conceptual de los temas vistos, en primer lugar de forma individual y posteriormente en pequeños grupos (vía chat, Facebook, foro) de tal manera que se construya un nuevo mapa con los conceptos que cada uno de los participantes aportó.

Validar y estandarizar el OVA para futuras aplicaciones bien sea en relación con la hibridación del átomo de carbono o las nuevas herramientas tecnológicas que se aplican en educación y de manera especial en la enseñanza de la química.

Bibliografía

AHMAD W. Y., ZAKARIA M B (2000) Drawing Lewis Structures from Lewis Symbols: A Direct Electron Pairing Approach Journal of Chemical Education. 77 (3) pp 329 – 331

ALCÁNTARA M.D. (2009) Importancia de las Tic para la educación. [en línea] Innovación y experiencias educativas. 15 Disponible: http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod_ense/revista/pdf/Numero_15/MARIA%20DOLORES_ALCANTARA_1.pdf Consultado el 1 de febrero de 2013.

ALLINGER N. (2011) Understanding molecular structure from molecular mechanics. J. Comput. Aided Mol. 25, 295–316

ASIMOV I. (2006) Breve Historia de la química. 17ª edición, Alianza Editorial. Madrid, pp 100 – 129.

AUSUBEL P. D. (1981) Psicología educativa. Editorial Trillas, S.A. México pp.25 -90

AUSUBEL P. D. (2002) adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva. Ediciones Paidós Ibérica, S.A. Barcelona pp 10 - 73.

BADIA, A. (2006). Ayuda al aprendizaje con tecnología en la educación superior. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento, 3 (2), pp. 5-19.

BRENEMAN G. L. (1990) The Two-Dimensional Particle in a Box. Journal of Chemical Education. 67 (10) pp 866 – 868.

BREÑA O.J, NEIRA M. E (2008). Química Orgánica I. Editorial Universitaria. Perú. pp 24 - 27 [En línea] Disponible en: http://www.eduni.uni.edu.pe/1er_concurso_8_quimica_organica1.pdf Consultado el 18 de junio de 2013

BROCK, W. (1998). Historia de la Química. Alianza Editorial, S.A., Madrid, pp. 222-226; 397-420.

BRUMLIK G.C (1961) Molecular Models Featuring Molecular Orbitals. Journal of Chemical. Education. 38 (10), pp. 502 – 505.

CABERO J A. (1994) Nuevas tecnologías, comunicación y educación. Comunicar: Revista científica iberoamericana de comunicación y educación, 3, pp 14 – 25.

CABERO J. GISBERT M (2008) La formación en internet. Guía para el diseño de materiales didácticos. Editorial MAD S.L. Sevilla pp 5 - 29.

CAMPANARIO, J., MOYA, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. Enseñanza de las Ciencias, 17(2), pp. 179-192.

CAMPBELL, N, JANE R., MITCHELL L. G., REECE J. B. (2001). Biología: conceptos y relaciones, 3a edición. Pearson Educación, México. pp 1173 -1174.

CARRETERO M. (1993) Constructivismo y educación. Editorial Aique. Buenos Aires pp. 20 – 35

CASABO J. GISPERT I (2007) Estructura atómica y enlace químico. Editorial Reverté S. A Barcelona pp 4 – 55; 98 - 142.

CHEMICAL ABSTRACTS SERVICE (CAS), (2012). Registers 70 millionth substance just 18 months after reaching 60 millionth milestone [en línea] Disponible en <http://www.cas.org/news/product-news/70-millionth-substance> Consultado el 20 de enero de 2013.

CHIAPPE L A SEGOVIA Y C RINCÓN R.H. (2007) Toward an instructional design model based on learning objects. *Educational Technology Research and Development*. 55, pp 671–681

CHIAPPE L.A. (2009) Acerca de lo pedagógico en los objetos de aprendizaje-reflexiones conceptuales hacia la construcción de su estructura teórica. *Estudios Pedagógicos* 35 (1) pp. 261-272

COHEN I., DEL BENEL J. (1969) Hybrid Orbitals in Molecular Orbital Theory. *Journal of Chemical Education*, 46 (8) pp 487 – 492

COLL C. (1996) Constructivismo y educación escolar: ni hablamos siempre de lo mismo ni lo hacemos siempre desde la misma perspectiva epistemológica [En línea] *Anuario de Psicología*, 69, pp. 153-178 Disponible en: <http://www.raco.cat/index.php/anuariopsicologia/article/viewFile/61321/88955>. Consultado el 28 de enero de 2013.

COMPANION A. L. (1980) *Enlaces Químicos*. Editorial Reverté S.A. Barcelona. pp 13 – 47

CONCARI S. B. (2001) las teorías y modelos en la explicación científica: implicancias para la enseñanza de las ciencias *ciência & educação*, 7,(1),.85-94.

COUPER M (1858) On a new chemical theory and Research on Salicylic Acid. [En línea] *Philosophical Magazine* 16, 104 - 116 Disponible en <http://web.lemoyne.edu/~giunta/couper/couper.html#foot1>. Consultado el 15 de enero de 2013

DEKOCK R., GRAY H. (1980) *Chemical structure and bonding*. The Benjamin/Cummings Publishing INC California pp 135 -195

DEL RE, G. (2000). Models and analogies in science [En Línea] *International Journal for Philosophy of Chemistry*, 6 (1), 5–15. En Disponible en: <http://www.hyle.org/journal/issues/6/delre.htm> consultado el 12 de diciembre.

DIAZ – BARRIGA A.F., HERNANDEZ R. G. (2010) Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista. 3ª edición. McGraw Hill. México D.F, pp. 17 – 60

ENGEL T. REID P. (2006) Química Física. Pearson Educación S.A. Madrid. pp 543-570

FERRO S. C., MARTÍNEZ S.A. OTERO N. M. (2009) Ventajas del uso de las tics en el proceso de enseñanza aprendizaje. [En línea]. *Revista electrónica de tecnología Educativa*. 29 pp 1 – 29. Disponible en: http://edutec.rediris.es/Revelec2/revelec29/articulos_n29_pdf/5Eduotec-E_Ferro-Martinez-Otero_n29.pdf. Consultado el 30 de enero.

FESSENDEN R. (1983) Química orgánica. Editorial Belmont: Wadsworth Internacional Iberoamericana. California pp 46 -63

FRANKLAND, E. (1852) On a new series of organic bodies containing metals. [En línea] *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 142, 417-444. Disponible en: <http://web.lemoyne.edu/~giunta/frankland.html> Consultado el 14 de enero de 2013

GALLEGO B. R. (2004) Un concepto epistemológico de modelo para la didáctica de las ciencias experimentales.[En línea] *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3 (3),301-319. Disponible en: http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen3/Numero3/ART4_VOL3_N3.pdf Consultado 15 de diciembre de 2012

GIL P.D., ALONSO S, M MARTINEZ-TORREGROSA J. (1996) Evaluar no es calificar. La evaluación y la calificación en una enseñanza constructivista de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 30, pp. 15-26

GILBERT J. K.; BOULTER, C. RUTHERFORD, M. (1998). Models in explanations, Part. 1: Horses for courses?. *International Journal of Science Education*, 20 (1), 83-97

GONZÁLEZ et al (1996). Las nuevas tecnologías en la educación. En Salinas, Jesús et al. (eds.). *Redes de comunicación, redes de aprendizaje*. Universitat de les Illes Balears: EDUTEC'95, pp. 409-422.

GRAY H.B., (1974). *Electrones, y enlaces químicos*. Editorial Reverté, S.A. Barcelona pp 15 – 45

GRECA, I.M. Y MOREIRA, M.A (1998) Modelos mentales y aprendizaje de física en electricidad y magnetismo *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2), 289-303

GRUSHOW, A. (2011). Is It Time To Retire the Hybrid Atomic Orbital? *J. Chem. Educ.*, 88, 860–862.

GUERRERO R., BERLANGA M (2000) Isótopos estables: Fundamento y aplicaciones.[En línea]. *Boletín Informativo de la Sociedad Española de Microbiología (SEM)*, 30, 17- 23 Disponible en http://www.semicrobiologia.org/pdf/actualidad/SEM30_17.pdf Consultado el 18 de junio de 2013

HESSEN, J. (1999) *Teoría del conocimiento* 5a. ed. Panamericana Editorial 149 p.

HIBERTY, P. *et al* (2012). In Defense of the Hybrid Atomic Orbitals. *J. Chem. Educ*, 89, 575-577.

JENSEN W. (1984) Abegg, Lewis, Langmuir, and the Octet Rule. *Journal of Chemical Education*. 3, pp. 192-200.

JOHNSON- LAIRD, P. (1990). *El Ordenador y la Mente. Introducción a la Ciencia Cognitiva. Cognición y desarrollo humano*. Ed. Paidós. Barcelona. pp 11 - 37.

JORBA J. CASILLAS E. (1997) *La regulación y la autorregulación de los aprendizajes*. Editorial Síntesis, pp 23 – 72

KEKULE, F (1865). *Studies on aromatic compounds*. [En línea] *Annalen der Chemie Und Pharmacial*, 137, 129-196, Disponible en: <http://www.rod.beavon.clara.net/benzene2.htm> Consultado el 15 de enero de 2013

KIKUCHI O., KEIZO S. (1985) *Orbital Shape Representations*. *Journal of Chemical Education*. 62 (3) pp. 206 – 209

KROTO, H. W, HEATH J. R., O'BRIEN S. C.,CURL, R. F. SMALLEY R. E., (1985), *Nature*,318, 162 -163.

KUHN, T. S. (1962) *La estructura de las revoluciones científicas*. Traducido por A. Contín. Fondo de Cultura Económica, México DF pp. 15 - 55

LEARNING TECHNOLOGY STANDARDS COMMITTEE (LTSC) (2005). [En línea]. Disponible en: http://www.ieeeeltsc.org:8080/Plone_ Extraído el 3 de octubre de 2012

LE BEL J. A., (1874) *on the relations which exist between the atomic formulas of organic compounds and the rotatory power of their solutions*. [En línea] *Bull. soc. chim.*, 22, 337-347 Disponible en <http://www.chemteam.info/Chem-History/LeBel-1874.html> Consultado el 12 de enero de 2013

LENOX R. (1979) Electrons, Bonding, Orbitals, and Light A unified approach to the teaching of structure and bonding in organic chemistry courses. *J. Chem. Educ.* 56 (5) 298 – 300

LEWIS, G. N. (1916). The Atom and the Molecule. *J. Am. Chem. Soc.*, 38, 762–785

LIJIMA S., ICHIHASHI T., (1993) Single-shell carbon nanotubes of 1-nm diameter. *Nature* 363, pp. 603 – 605

LOPEZ G. J. (2007) La integración de las tics en ciencias naturales. [En línea] Portal Educativo Eduteka. Disponible en <http://www.eduteka.org/comenedit.php3?ComEdID=0019> Consultado el 5 de febrero de 2013.

MALDONADO-GONZÁLEZ, F. *et al* (2007) Las ilustraciones de los ciclos biogeoquímicos del carbono y nitrógeno en los textos de secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4 (3) pp. 442-460

MARTIN N. (2011) Sobre fullerenos, nanotubos de carbono y grafenos. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura* Numero Extra 187, 115 – 131.

MEISLICH H. (1963) Rules for Molecular Orbital Structures. *J. Chem. Educ.* 40 (8) 401-408.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL (2004). Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Impreso en Colombia, pp. 140 – 141.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL (2012). Que es un objeto virtual de aprendizaje. [en línea]. Disponible en www.colombiaaprende.edu.co/html/directivos/1598/article-172369.html Consultado el 15 de diciembre de 2012

MÓ R. O. YAÑEZ M.M. (2000) Enlace Químico y Estructura Molecular. JM Bosch Editor pp 47 -84

MOREIRA M.A. (2004) Los medios y las tecnologías en la educación. Ediciones Piramide. Madrid. pp 12 – 45

MOREIRA M.A. (2010) ¿Por qué conceptos? ¿Por qué aprendizaje significativo? ¿Por qué actividades colaborativas? ¿por qué mapas conceptuales? Revista Currículum 23 pp. 9 - 23.

MOSHER, O. S. (1998). Hybridization and Structural Properties J. Chem. Educ., 75 (7), 888-890.

OJEDA B., GUTIERREZ P J., PERALES P. FJ. (2011) Diseño, fundamentación y validación de un programa virtual colaborativo en educación ambiental. Enseñanza de las Ciencias. 29 (1) pp 127-146.

PAULING, L. (1931). The nature of the chemical bond. Application of results obtained from the quantum mechanics and from a theory of paramagnetic susceptibility to the structure of molecules. J. Am. Chem. Soc., 53 (4), 1367–1400.

PAULING, L. (1932). The nature of the chemical bond. IV. the energy of single bonds and the relative electronegativity of atoms J. Am. Chem. Soc., 54, 3570–3582.

PAULING L (1967) The Chemical Bond: A Brief Introduction to Modern Structural Chemistry, Cornell University, New York, 9 - 47

PAULING L (1980) Química General, 10a edición. Editorial Aguilar., Madrid, pp 112 – 119; 137 – 153; 854 – 861

POLSANI P R. (2003) Use and Abuse of Reusable Learning Objects [En línea] 3 (4) Disponible en <http://journals.tdl.org/jodi/index.php/jodi/article/viewArticle/89/88%3Cbr> consultado el 8 de febrero

PROSZEK R. FERREIRA M. (2009) Enseñanza de la Química en Ambientes Virtuales: Blogs. [En línea] Formación universitaria 2(6) pp 21 - 30

RAMACHANDRAN B. (1995) Examining the Shapes of Atomic Orbitals Using Mathcad. Journal of Chemical Education 72 (12) pp. 1082 - 1083.

SANZ L. M, MARTÍNEZ P. E. PERNAS M.E. (2010) Innovación con tic y cambio sostenible. Un proyecto de investigación colaborativa. [En línea] Revista Curriculum y formación del profesorado. 14 (1) pp. 319 – 337. Disponible: <http://www.ugr.es/~recfpro/rev141ART17.pdf> consultado el 12 de noviembre de 2012.

SOLOMONS, T.W.G. (1988). Fundamentos de Química Orgánica. 2ª edición. Editorial Limusa, S.A., México, pp. 45 - 48 ;54 - 81; 94 – 106

SRINIVASAN C. SARASWATHI (2011) Are we approaching close to *sp*-hybridized carbon allotrope? CURRENT SCIENCE, 100, (4), 453 – 455.

VAN' T HOFF J. H. (1874) A suggestion looking to the extension into space of the structural formulas at present used in chemistry and a note upon the relation between the optical activity and the chemical constitution of organic compounds. [En línea] Archives neerlandaises des sciences exactes et naturelles. 9, 445-454. Disponible en <http://www.chemteam.info/Chem-History/Van't-Hoff-1874.html>. Consultado el 15 de enero de 2013.

VEMULAPALLI G.K. (2008) Theories of the chemical bond and its true nature Found Chem 10, 167–176

VOLLHARDT K.P., SCHORE N. (2008) Química Orgánica. 5a edición. Ediciones Omega, S.A., Barcelona, pp 13 – 45; 450-453; 563-565.

TRO, N. J. (2012). Retire the Hybrid Atomic Orbital? Not so fast. *J. Chem. Educ.*, 89, pp. 567-568.

UNESCO (2008). Estándares de Competencias en TIC para Docentes [En línea] Portal Educativo eduteka. Disponible en: <http://www.eduteka.org/EstandaresDocentesUnesco.php>. Consultado 29 de enero de 2013.

WHITTEN K., et al., (2008) Química. Cengage Learning Editores S.A. 8a edición, México D.F., pp 453 - 458