

El uso de herramientas virtuales para fortalecer el proceso de enseñanza de la química en la educación media.

Monografía

Elaborado por:

Diego Fernando Clavijo Gutiérrez

Código: 1094245755

Especialización en pedagogía para el desarrollo del aprendizaje autónomo

Asesor:

Dra. Sarakarina Solano Galindo

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA - UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN - ECEDU
ESPECIALIZACIONES

Pamplona, Octubre de 2018.

Resumen Analítico Especializado (RAE)	
Título	Herramientas virtuales para la enseñanza de la química en la educación media.
Modalidad de Trabajo de grado	Monografía
Línea de investigación	Línea pedagogía, didáctica y currículo
Autor	Diego Fernando Clavijo Gutiérrez
Institución	Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD
Fecha	Octubre de 2018
Palabras claves	Química. Didáctica de la ciencia. Simuladores. Modelador molecular. Aplicaciones Android.
Descripción	<p>Este trabajo se realiza bajo la modalidad de monografía, se enmarca bajo la línea de investigación “pedagogía, didáctica y currículo” de la escuela de ciencias de la educación (ECEDU) de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) y es una breve compilación de herramientas virtuales valiosas para la enseñanza de la química. El autor trata de tomar lo más selecto entre una gama de decenas de herramientas virtuales que pueden enriquecer el quehacer pedagógico de un docente del área de química particularmente.</p> <p>Se clasifican estas herramientas en cinco grandes familias, bases de datos, modeladores moleculares, LVQ, simuladores y aplicaciones Android. Para cada categoría son múltiples las posibilidades, se socializan aquí, las que según a criterio del autor pueden llegar a tener mayor impacto en la labor pedagógica por su didáctica, su interfaz familiar, su trasfondo científico y su riqueza de contenidos.</p>
Fuentes	<p>La información presentada se nutre de artículos científicos, webs especializadas, plataformas de universidades que diseñan el software presentado y bases de datos especializadas en química. Algunas fuentes incluso datan de sitios diseñados por universidades de renombre a nivel mundial, esto como un compromiso para dar a la información el peso académico que merece.</p> <p>Para consultar más a fondo cada una de las fuentes que soportan el presente documento se pueden encontrar en orden alfabético en la sesión de referencias bibliográficas que cierra este documento, entre las fuentes que se tienen se destacan algunas fundamentalmente importantes:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Portal Colombia Aprende. • Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST). • PhET interactive simulations, plataforma de la universidad de Colorado Boulder. • The Chemogenesis Web Book. • Red latinoamericana de química RELAQ. <p>Entre los artículos a destacar se tienen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Camargo, A. (2014). “Estrategia didáctica para la enseñanza de la química orgánica utilizando cajas didácticas con modelos moleculares para estudiantes de media vocacional”. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. Bogotá, Colombia. • Cataldi, Z. y Lage, F. (2012). “TIC en Educación: Nuevas herramientas y nuevos paradigmas. Entornos de Aprendizaje Personalizados en dispositivos móviles”. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. • Cruzat, R. (2017). “¿Qué relevancia tiene para el aprendizaje el uso de las TIC en la enseñanza de la Química?” Colegio Arauco, Arauco, Chile. Recuperado de: https://educrea.cl/que-relevancia-tiene-para-el-aprendizaje-el-uso-de-las-tics-en-la-ensenanza-de-la-quimica/. • Fernández, R. (2014) “Uso de los modelos moleculares en la enseñanza de química orgánica en bachillerato: hibridación”. Universidad de Valladolid, Máster en Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas. Valladolid, España. • Pérez-Matos, R. (2015). “Una forma diferente de enseñar la Química Inorgánica”. Revista Cubana de Química. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba. • Ramirez, G. (2017). “Aprendamos química en ambientes virtuales”. Institución Educativa, la inmaculada Concepción. Guarne, Colombia.
Contenidos	<ul style="list-style-type: none"> • Portada • Resumen analítico del escrito (RAE) • Índice general • Índice de tablas y figuras • Introducción • Justificación • Definición del problema • Objetivos

	<ul style="list-style-type: none"> • Marco teórico • Aspectos metodológicos • Resultados • Discusión • Conclusiones y recomendaciones • Referencias
Metodología	<p>Para llevar a cabo este trabajo, el cual es una monografía compilatoria, se ha aplicado la metodología de análisis bibliográfico basado principalmente en fuentes terciarias. Para ello se ha recurrido tanto a artículos de investigación respecto al tema como a bases de datos especializadas, varias de las cuales son alimentadas por reconocidas empresas y centros de investigación en química y consultadas por científicos alrededor de todo el mundo.</p> <p>Tras la revisión bibliográfica se opta por categorizar las herramientas a presentar en cinco familias: modeladores moleculares, bases de datos, simuladores, laboratorios virtuales de química (LVQ) y aplicaciones Android. Para cada herramienta presentada se realiza una breve descripción de las características de la misma con imágenes de la interfaz de cada una de ellas.</p> <p>Para cada caso se especifican las temáticas que son favorables para trabajar con la herramienta virtual en particular, teniendo en consideración que dicha temática sea abarcada en los cursos de química impartidos en la educación media; así mismo, dichas herramientas son de acceso gratuito o de licencia libre y no requiere exigentes requisitos de sistema.</p> <p>La temática trabajada está pensada en favorecer el proceso de enseñanza de la química por medio de herramientas TIC, y de acercar al estudiante a la formación de un proceso científico y de un aprendizaje significativo.</p>
Conclusiones	<p>Las diversas herramientas virtuales para la enseñanza de la química que se han presentado son excelentes herramientas pedagógicas que enriquecen la didáctica de la enseñanza de la química y contribuyen a la construcción de un aprendizaje afianzado y por supuesto significativo. Abarcan una serie de temáticas que son fundamentales en la educación media y que se enmarcan además en los estándares curriculares establecidos por el Ministerio de Educación Nacional para ciencias naturales.</p> <p>Se han establecido cinco categorías para clasificar las herramientas virtuales valiosas para la enseñanza de la química, estas son: modeladores moleculares, bases de datos, simuladores, laboratorios virtuales de química (LVQ) y aplicaciones Android. Las herramientas seleccionadas para cada categoría son de uso libre y/o licencia gratuita. Estas herramientas son versátiles, tiene</p>

	<p>plataformas muy didácticas y fáciles de manejar, algunas se encuentran únicamente en inglés y sin embargo, su uso es sencillo y su funcionamiento llamativo para los estudiantes.</p> <p>La compilación realizada incluye las fortalezas de cada una de las herramientas seleccionadas así como el uso más adecuado de las mismas y las temáticas en las que pueden ser utilizadas, así mismo, es posible destacar los pocos requisitos de sistema que exige cada una de ellas, por lo que es muy viable aplicarlas en aulas de clase sin necesitar exigentes fuentes tecnológicas.</p> <p>Este conjunto de herramientas virtuales puede seguir fortaleciéndose constantemente debido al auge y desarrollo continuo de las TIC, ya sea con nuevas herramientas que surjan en el mercado o incluyendo herramientas virtuales de licencia paga. Así mismo podrían establecerse nuevas categorías o familias para clasificar las herramientas virtuales para la enseñanza de la química y complementar este compilado con más herramientas que abarquen temáticas diferentes.</p>
<p>Referencias Bibliográficas</p>	<p>A continuación se muestran algunos autores citados en el documento, el listado completo de autores referenciados se muestran en el apartado de referencias a partir de la página 53:</p> <p>Pérez-Matos (2015) Ipuz y Parga (2014) Fernández (2014) Martínez (2013) Rodiño (2014) Hernandez (2015) Pulido y Barbero (2015) Camargo (2014) García (2016)</p>

Tabla de contenido

Introducción.....	1
Justificación.....	4
Definición del problema.....	6
Objetivos.....	9
Objetivo General.....	9
Objetivos específicos.....	9
Línea de investigación.....	10
Marco teórico y conceptual.....	11
Química como ciencia cotidiana.....	11
Enseñanza de la química en Colombia.....	12
Uso de las TIC en la enseñanza de la Química.....	15
Tipos de herramientas TIC para la enseñanza de la química.....	17
a. Modeladores Moleculares.....	17
b. Bases de datos.....	19
c. Simuladores.....	22
d. Laboratorios Virtuales de Química.....	23
e. Aplicaciones Android.....	26
Aspectos metodológicos.....	29
Resultados.....	30
1. Modeladores Moleculares.....	30
1.1 ChemDraw.....	30
1.2 Chem3D.....	32
1.3 Gabedit.....	33
1.4 Gaussview.....	34
2. Bases de datos.....	36
2.1 NIST.....	36
2.2 Chemogenesis.....	38
2.3 INSHT FISQ.....	40
2.4 Chemical Genealogy.....	42
3. Simuladores.....	43
3.1 PhET.....	43
3.2 Atoms, symbols and equations.....	44

4. Laboratorios Virtuales de Química.....	45
4.1 VlabQ.....	45
4.2 Virtual Chemistry Lab.....	47
4.3 Virtual lab.....	48
5. Aplicaciones Android.....	49
5.1 Quimidroid.....	49
5.2 Chemistry Lab.....	50
5.3 Merck PTE.....	51
Comparación de las herramientas presentadas.....	52
Discusión.....	56
Conclusiones.....	60
Recomendaciones.....	62
Referencias.....	63

Índice de figuras

Figura 1 Molécula de Piridina modelada en el software Gaussview.....	19
Figura 2 Interfaz Principal de la base de datos Chemogenesis.....	21
Figura 3 Tabla periódica propuesta por Theodor Benfey en los años 60`.....	21
Figura 4 Simulación de la construcción de un átomo empleando un simulador de la plataforma PhET Interactive Simulations.....	23
Figura 5 Diagrama de una destilación sencilla obtenida tras una simulación en el laboratorio virtual de química VlabQ.....	25
Figura 6 Aplicación Android de la tabla periódica diseñada por MERCK, S.A.....	27
Figura 7 Logotipo Oficial de Chemdraw a la izquierda y Orbitales Atómicos modelados en Chemdraw 7.0 a la derecha.....	30
Figura 8 Interfaz general del demo Chemdraw 15.1 con algunas moléculas orgánicas diagramadas.....	32
Figura 9 Interfaz general de Chem 3D con el modelado de una molécula orgánica aleatoria.....	33
Figura 10 Interfaz general de Gabedit con el modelado de una molécula orgánica aleatoria.....	34
Figura 11 Interfaz general de Gaussview.....	35
Figura 12 Interfaz principal de NIST webbook.....	37
Figura 13 Propiedades del Hexano.....	38
Figura 14 Árbol metafórico del estudio de la química.....	39
Figura 15 Temáticas que pueden ser trabajadas apoyadas en la base de datos Chemogenesis.....	40
Figura 16 Interfaz principal de la base de datos INSHT FISQ.....	41

Figura 17 Ficha de seguridad del Acetaldehído.....	41
Figura 18 Árbol genealógico de la química inorgánica hasta 1994.....	43
Figura 19 A la izquierda algunas temáticas de las simulaciones que se pueden llevar a cabo en cuanto a química se refiere, a la derecha una simulación con la temática “Balanceo de ecuaciones químicas”.....	44
Figura 20 Balanceo de ecuaciones trabajado con Atoms, symbols and equations.....	45
Figura 21 Simulación del calentamiento de un tubo de ensayo empleando un mechero de Bunsen a través de VlabQ.....	46
Figura 22 Interfaz principal de Virtual chemistry lab. A la derecha de la imagen se puede observar el asistente virtual.....	47
Figura 23 Interfaz principal de Virtual Lab.....	48
Figura 24 Interfaz principal de Quimidroid.....	49
Figura 25 Interfaz de Chemistry Lab explicando la hidrólisis de un Ester.....	50

Índice de tablas

Tabla 1 Estándares Curriculares de química.....13

Tabla 2 Comparativo de las diferentes herramientas virtuales presentadas.....52

Introducción

En este estudio se abordaran una serie de herramientas virtuales que son adecuadas para la enseñanza de diversas temáticas relacionadas con la química, buscando siempre esas herramientas didácticas que además de favorecer el proceso enseñanza/aprendizaje logren transversalizar la química con múltiples áreas de conocimiento y produzcan en el estudiante una motivación extra favoreciendo así el logro de un aprendizaje significativo.

Se han establecido cinco categorías para clasificar dichas herramientas, éstas son: modeladores moleculares, bases de datos, simuladores, LVQs y aplicaciones Android. Para cada categoría se muestran diferentes softwares de uso libre y gratuito que pueden ser implementadas en la enseñanza de la química en la educación media como alternativa didáctica y que enriquecen el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Se espera por ende con este documento, que el docente conozca y se apropie de herramientas TIC enfocadas en la enseñanza de la química que de ser llevadas al aula de clase podrán potenciar los procesos de aprendizaje debido a que las mismas aportan elementos didácticos que resultan llamativos y motivadores para el estudiante.

Tal como lo señala Marín (2012), “no puede negarse que los ambientes pedagógicos influyen altamente en la calidad educativa, ya que estos pueden propiciar o no mejores niveles de aprendizaje” (p. 6), por ende el hecho de que los Colegios de Colombia cuenten con una infraestructura adecuada es fundamental para alcanzar dicha calidad educativa. Particularmente, los laboratorios de química, física y biología son un escenario ideal para aproximar a los estudiantes de la educación básica y media al aprendizaje de las ciencias exactas y despertar en ellos un espíritu científico e investigativo, sin embargo, la

problemática radica en que las instituciones rurales en Colombia e incluso muchas urbanas, no cuentan en sus infraestructuras con laboratorios de química, los cuales son los espacios ideales para desarrollar el componente experimental de la asignatura, y a los estudiantes se les ve relegados a recibir una enseñanza meramente teórica en la cual se sienten aburridos e indispuestos. “Si no se introducen estos aspectos prácticos y próximos al alumno, la asignatura es contemplada por éstos como una materia meramente instrumental, desconectada de sus áreas de interés más inmediatas” (Asociación Nacional de Químicos Españoles, ANQUE, 2005, p. 104).

Generalmente, el estudiante de la educación media en Colombia encuentra un desinterés por el aprendizaje de las ciencias básicas, entiéndase por ellas física, química y matemáticas. Este desapego se ve representado por una falta de interés de los estudiantes hacia esas disciplinas. Además, dichas áreas del conocimiento suelen convertirse en una dificultad para los estudiantes debido a su complejidad, tal y como lo señala Furió (2006):

Es verse sometidos a la enseñanza de una ciencia descontextualizada de la sociedad y de su entorno, poco útil y sin temas de actualidad, junto a otros factores como los métodos de enseñanza de los profesores, métodos que califican de aburridos y poco participativos, la escasez de prácticas y, especialmente, a la falta de confianza en el éxito cuando son evaluados (p. 222).

Si de química se habla, la enseñanza puede ser compleja porque el estudiante debe correlacionar el comportamiento de la naturaleza con una serie de fenómenos microscópicos que pueden resultar abstractos (Vallejo, 2017, p. 17). “Para la mayoría de estudiantes, los cursos de Química son considerados difíciles porque se les presenta

principalmente como una gran acumulación de información abstracta y compleja” (Nakamatzu, 2012, p.3). Es indiscutible que el aprendizaje se afianza más fuertemente cuando la metodología que acompaña el proceso hace del estudiante un ente activo y participativo, se aprende mejor haciendo, y esto se recalca más cuando se habla de la enseñanza de un área que implícitamente es experimental como los es cualquier ciencia exacta, por lo tanto, la enseñanza de la química requiere ir acompañado de una serie de experiencias experimentales que ayuden a entender todos los fenómenos de la naturaleza que la enseñanza de la química trata de explicar sin que éstos se deban concebir de manera inconcreta.

Entonces, ¿cómo se puede acercar al estudiante al aprendizaje contextualizado de esta ciencia pura? Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) son la respuesta, tal como lo afirma Daza, Gras-Martí, Gras-Velázquez, Guerrero, Gurrola, Joyce, Mora, Pedraza, Ripoll y Santos (2009), “son herramientas indispensables en los procesos de enseñanza/aprendizaje (E/A) en general, y de la química en particular” (p. 320). En la web existen una variedad de recursos gratuitos e interactivos que favorecen la enseñanza de la química en todos los niveles educativos, desde juegos para aproximar a niños de primaria con los conceptos más fundamentales de la química pasando por software modeladores de procesos, de reacciones y de moléculas ideales para temáticas abordadas a nivel de educación media e incluso simuladores moleculares de uso libre diseñados por prestigiosas universidades del mundo que pueden ser usados para enseñar química a nivel de educación superior y que son la base de la investigación en química computacional de hoy en día.

Justificación

Es una problemática generalizada, el hecho de que la enseñanza de una materia que debe ser teórico - práctica se reduzca a conceptos teóricos hace que el estudiante carezca de interés no sólo por el área, sino por la formación científica como tal. En cuanto a la enseñanza de la química se refiere, “la experiencia ha demostrado que, en ocasiones, los estudiantes no comprenden su esencia” (Perez-Matos, 2015, p. 197), es lógico, puesto que se ven expuestos a una cantidad de conocimientos que carecen de aplicación práctica.

El propósito del siguiente proyecto es establecer una serie de herramientas que empleadas como mecanismos didácticos durante los procesos de aprendizaje de la química permiten acercar al estudiante a dicha esencia. Es una necesidad latente el implemento de las TIC en las aulas de clase como una llamada transformadora a la educación moderna, pues para optimizar el proceso de enseñanza- aprendizaje de la química, a nivel de educación media, se exige la implementación de estrategias pertinentes a consolidar el aprendizaje significativo y que tal como señala Cruzat (*s.f.*) “la incorporación de las TICs (Tecnologías de la Información y la Comunicación) en la enseñanza de la química, se sustenta en la afirmación de que la informática así como otros medios constituye un apoyo significativo en el proceso enseñanza-aprendizaje” (p. 1).

De la misma manera Cruzat (*s.f.*) concluye sus ideas recalcando que desde una perspectiva constructivista, los jóvenes se involucran en el aprendizaje de las ciencias sin encontrarle significado y relevancia en su entorno y diario vivir. “Solo se "involucran" en ella por un asunto de calificación y de obligatoriedad curricular. Entonces ¿Cómo hacer más atractiva las ciencias y la química para los jóvenes?, utilizando su entorno y los recursos tecnológicos con los que convive a diario” (p. 2).

El proyecto nace entonces como una respuesta a la necesidad de transformar la enseñanza de la química y de esta manera adentrar al estudiante en el mundo de la ciencia despertando un interés verdadero en el mismo, que mejor que apoyarse en la amplia gama de herramientas virtuales enfocados al aprendizaje de la química y que de cierta forma están llamados a reemplazar al laboratorio en aquellas instituciones que no cuentan con el mismo. Herramientas como simuladores de procesos y de reacciones, modeladores moleculares, visualizadores, bases de datos, juegos y muchas más herramientas gratuitas están disponibles en la red, y el llamado a los docentes que manejan esta área es a emplear estas herramientas y a masificarlas para contribuir a la formación de estudiantes emparentados fraternalmente con la ciencia.

Definición del problema

Siendo la química, al igual que otras las otras áreas del conocimiento que enmarca las ciencias exactas, una materia que produce interés generalizado en el estudiante regular surge el interrogante, ¿cómo fortalecer el proceso de enseñanza de la química en la educación básica y media a través del uso de herramientas virtuales? Si las herramientas virtuales como parte fundamental de las TIC poseen un potencial didáctico extraordinario ¿qué herramientas virtuales podemos enfocar para la enseñanza de la química y de qué manera?

Galagovsky (2007) señala junto a un conjunto de autores que “durante las prácticas de laboratorio los estudiantes alcanzan altos niveles de comprensión a partir de la verificación de principios químicos (habilidades del dominio cognitivo) y, simultáneamente, adquieren entrenamiento en destrezas técnicas (habilidades motoras)” (p. 7). De manera que no se habla únicamente de posible mejora en el aspecto cognitivo del estudiante sino de un aspecto procedimental e incluso actitudinal.

Si bien el Plan Nacional de Infraestructura Educativa (PNIE) proyecta que todas las instituciones educativas de Colombia deben contar con instalaciones que garanticen la calidad educativa y entre esa gama de recursos físicos se encuentran los laboratorios de química, la realidad es que en las instituciones educativas del sector rural así como en muchas urbanas esto no es más que una utopía. El estudiante, al no poder contextualizar su aprendizaje en química con un entorno real, donde las teorías vayan a la práctica y las leyes a la experimentación, no alcanza a denotar la importancia que tiene el aprendizaje de la ciencia.

La ciencia además, tal como indica Caamaño (2011) “es una actividad encaminada a producir modelos que ayudan a explicar los fenómenos que queremos comprender” (p. 23), de manera que únicamente establecer o explicar modelos científicos de manera teórica puede llevar al tedio, por lo que el docente llega al aula de clase a encontrarse con un estudiante indispuesto. Ya está más que demostrado que las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) además de ser una necesidad emergente en educación, despiertan gran interés en los estudiantes cuando éstas son llevadas al aula de clase, son por ende, la herramienta indicada para complementar la enseñanza de la química ante la ausencia de laboratorios como recurso físico.

En cuanto a la apropiación de las ciencias por parte de los estudiantes Gallardo-Gil, Fernández, Sepúlveda, Serván, Yus y Barquín (2010) enfatizan que la falla se encuentra en la competencia Aprender como aprender, en la cual el estudiante “abordan las temáticas de las competencias básicas necesarias para desenvolverse durante toda la vida en el contexto social contemporáneo” (p.2) y las cuales incentivan el estudiante un pensamiento investigativo y crítico. Con la implementación de diversas herramientas virtuales para la enseñanza de la química se puede fortalecer la competencia Aprender como aprender, además de que el estudiante forja un aprendizaje significativo se verá inmiscuido en las bases de la investigación misma forjando así un pensamiento científico e investigativo.

Las prácticas experimentales en química contribuyen además a la motivación del estudiante, al afianzamiento de lo aprendido teniendo en cuenta que se aprende más y mejor haciendo, al enriquecimiento del quehacer pedagógico gracias a la implementación constante de la didáctica, al mejoramiento del trabajo en equipo y al desarrollo del constructivismo. Las herramientas virtuales que se proponen a lo largo de este trabajo

perfectamente logran que el estudiante se sienta en un laboratorio, acercándolo más y mejor a los conceptos fundamentales de las clases y creando de forma indudablemente un aprendizaje significativo.

Objetivos

Objetivo General

Establecer un conjunto de herramientas virtuales de uso libre que contribuyan a fortalecer los procesos de enseñanza de la química en la educación media.

Objetivos Específicos

1. Recopilar información acerca de los softwares, aplicaciones, modeladores moleculares, bases de datos, simuladores y otras herramientas virtuales de aprendizaje enfatizadas en la enseñanza de la química.
2. Identificar los usos de las herramientas virtuales para la enseñanza de la química que permiten abordar diferentes temáticas en la educación básica y media.
3. Comparar las fortalezas y debilidades de las diferentes herramientas virtuales empleadas para la enseñanza de la química.
4. Realizar un análisis bibliográfico de las herramientas virtuales que puedan ser empleadas para enseñar química a nivel de la educación media en Colombia.

Línea de Investigación

Este proyecto está enmarcado en la línea de investigación “Línea pedagogía, didáctica y currículo” de la de la Escuela de Ciencias de la Educación (ECEDU) de la Universidad Nacional Abierta y a distancia (UNAD).

Marco teórico y conceptual

Química como ciencia cotidiana

La química es la ciencia que junto con la física y las matemáticas rigen la naturaleza. Todo lo que compone el universo, sin excepción alguna está relacionado con la química. Para hacernos una idea mejor de como la química está en todo el entorno se podrían citar las palabras de Nakamatzu (2012):

“Los alimentos que ingerimos contienen preservantes que retardan su deterioro, utilizamos fertilizantes y plaguicidas para mejorar la eficiencia de los cultivos. Utilizamos fibras y elastómeros sintéticos en nuestra vestimenta y calzado. Nuestro sistema de transporte está basado en combustibles como la gasolina y el diésel (o biodiesel); los motores requieren de lubricantes y otros aditivos. La comodidad en nuestros hogares la brindan materiales poliméricos como los plásticos, pinturas, barnices, espumas elásticas, y fibras sintéticas y naturales. Los artefactos que utilizamos diariamente contienen piezas hechas de plásticos, metales o materiales cerámicos, que, a su vez, han requerido de procesos químicos para su fabricación. Los avances en la medicina están basados en productos y procesos químicos: se siguen desarrollando nuevos y mejores medicamentos; se utilizan materiales especiales para implantes y equipos médicos; las curaciones dentales utilizan resinas; mejoramos deficiencias en la visión con lentes cada vez más sofisticados. Por otro lado, nuestro estilo de vida moderno también genera nuevos problemas como el calentamiento global, el agujero en la capa de ozono, la contaminación del aire en las grandes ciudades, la gran cantidad de desechos que generamos, la calidad del agua, etc. La Química es parte de la solución a estos problemas” (p.38).

Entonces, cuando se enrola a un estudiante en el estudio de la química, se está buscando que dicho estudiante aprenda a conocer mejor el mundo que lo rodea, se procuran que dicho

individuo encuentre en su contexto próximo la naturaleza de la materia que lo compone, que entienda su comportamiento y que pueda llegar a ser capaz incluso de transformarlo para mejorar su calidad de vida.

Para Jara (2012, p. 24-25), es fundamental recurrir a la didáctica de las ciencias para favorecer los procesos de aprendizaje de las mismas. Si queremos acercar la química más al estudiante, para que ésta no sea vista tan lejana y tan ajena al contexto, se deben emplear herramientas que faciliten la interacción estudiante-contenido y que garanticen que el estudiante esté permanentemente motivado durante todo el proceso de aprendizaje.

Enseñanza de la Química en Colombia

El Ministerio de Educación Nacional (MEN) ha establecido los estándares básicos de competencias para el área de ciencias naturales, los cuales son divididos en tres tipos dependiendo de las necesidades metodológicas: entorno vivo, entorno físico y relación ciencia, tecnología y sociedad (Ministerio de Educación Nacional, MEN, 2004, p. 115).

Dichos estándares están establecidos desde preescolar hasta undécimo grado, se muestran en la tabla 1 los estándares correspondientes al ciclo de educación media - el cual comprende los grados décimo y undécimo – y que están categorizados como Entorno Vivo: Procesos químicos (MEN, 2004, p. 140).

Para el fortalecimiento de los procesos de enseñanza en aras de alcanzar todos los estándares mencionados, existe multiplicidad de herramientas virtuales que se pueden emplear como herramientas didácticas. En este trabajo se enlistan varias de ellas.

Tabla 1 Estándares Curriculares de química (MEN, 2004, p. 140).

**Estándares Curriculares de Química correspondientes al ciclo
de educación media**

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.

Hablando de la enseñanza de la química se encuentran inconvenientes tanto de tipo pedagógico como didáctico, problemáticas que según Tejada, Villabona y Chicangada (2012, p. 144) van desde el rol del maestro y sus formas de enseñar, hasta las formas como los estudiantes aprenden utilizando herramientas didácticas, tales como: mapas y modelos mentales, o con el modelo tradicional. Lo que es innegable es la importancia de enseñar química, partiendo de la idea de que vivimos en un mundo moderno e industrializado, dependemos de la tecnología y de los nuevos materiales. Nuestra calidad de vida requiere del suministro permanente de alimentos, medicamentos, textiles, tecnología, automotores, cosméticos, combustibles, todas industrias regidas por la química (Nakamatzu, 2012, p. 38).

Para Nakamatzu (2012), “la tarea del profesor es presentar la Química de manera accesible al alumno, para que él pueda producir el aprendizaje más significativo posible” (p. 41), pero por mucho esfuerzo que haga, es inseparable esta tarea de la demostración experimental, pues la química es una ciencia empírica por excelencia. El hecho de que los maestros teoricen sin llevar a la práctica posiblemente sea la causa principal para que los estudiantes muestren apatía por las ciencias. Marín (2010) señala con suma claridad que “la enseñanza de las ciencias y en particular la química afronta serias dificultades en cuanto a que los maestros centran su actividad en la transmisión de contenidos conceptuales ignorando el carácter experimental de las ciencias como tal” (p. 37).

En Colombia, la enseñanza de la química en la educación básica y media no pasa de ser una serie de contenido teórico sin aplicación ni contextualización, se evidencia la experiencia de muchos maestros; la mayoría de los jóvenes que cursan por primera vez un curso de Laboratorio de química general llegan allí sin haber tenido antes la oportunidad de

ni siquiera haber entrado a un laboratorio. Las problemáticas en el país con la enseñanza de las ciencias puede ir incluso más allá, Ipuz y Parga (2014, p. 78) aseguran que en muchas instituciones los problemas derivados de la enseñanza es por parte de los docentes, pues dicha enseñanza puede estar en manos de docentes con poco conocimiento propio de las ciencias y de la educación científica.

Esta problemática se extiende hasta los campos de la investigación en Colombia, como no se despierta interés en la ciencia cada día el país ve menos jóvenes interesados por el estudio de las ciencias exactas y por ende Colombia padece de escasez de científicos e investigadores, sin los cimientos adecuados es muy difícil que el país genere investigaciones de calidad. En un artículo del espectador que data de junio del 2016, se recalcan algunas cifras emitidas por COLCIENCIAS, denotando que “de las 542 revistas científicas que hay en el país, 277 tuvieron menos de 3 citas en los últimos cinco años” (Mesa, 2016, párr. 6).

La enseñanza de la ciencia en general y de la química en particular en Colombia sufre una problemática que genera un círculo vicioso, mucha teorización por parte de los docentes, desinterés por parte de los estudiantes, poca formación de potenciales investigadores, producción de investigaciones de poca calidad, y a todo a ello hay que sumarle la falta de recursos, un monstruo creciente pues cada año disminuye el rubro que el gobierno nacional destina a la investigación.

Uso de las TIC en la enseñanza de la Química

Las tecnologías de la información y comunicación (TIC) han generado cambios trascendentales en la didáctica de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Ramírez, 2017). Implementar las TIC en determinada temática permite dar evidencias de

un aprendizaje significativo en diferentes temas de química por parte de los estudiantes. Según Cruzat (2017, p.2), implementar las TIC en la enseñanza de la química y de la ciencia en general trae muchos beneficios; al estudiante le genera un espacio de exploración constante en el cual tiene la posibilidad de ir más allá del material de estudio y podrá redescubrir la ciencia constantemente, también es posible comprender y manejar mejor el método científico, desarrollar pensamiento crítico y enfocar el mismo en la resolución de problemas, se promueve la creatividad y el dinamismo en las clases, se fortalece el trabajo en equipo colaborativamente y se invita a la profundización para que las temáticas no queden abarcadas únicamente de forma superficial.

Jacobo (2014, párr. 6), señala además que “con el uso de las TIC se estimula en los alumnos, atención, concentración, lectura, escritura, capacidad analítica y reflexiva”. Éste autor diseña paquetes multimedia con contenido relacionado con Química, entendiendo que la implementación de las TIC en el desarrollo convencional de las clases favorece un “aprendizaje participativo y constructivista”.

Chiarenza (2011, p. 4) resalta el hecho de que existen diversos Laboratorios Virtuales de Química (LVQ), definiendo estas herramientas como “softwares que simulan un laboratorio de ensayos químicos, la idea es que el usuario pueda realizar todas las actividades experimentales que realizaría en un laboratorio real pero sin costo, sin contaminación ambiental, ni riesgo alguno”. Sin embargo, el autor aclara que para muchos de estos software deben ser revisadas y evaluadas permanentemente sus características técnicas, sus aplicaciones en procesos instruccionales y su relación con las tendencias pedagógicas.

Las TIC en química no sólo se enfocan en Laboratorios virtuales, sino que enmarcan una variedad de aplicaciones, software y programas, que van desde bases de datos hasta

modeladores moleculares. En los últimos años la búsqueda de recursos que apoyen la enseñanza-aprendizaje de las ciencias, particularmente de la química, ha sido una labor constante cuyos resultados han puesto al servicio de la comunidad educativa gran cantidad de herramientas virtuales (Daza *et al*, 2009, p. 320).

No es un secreto que las TIC han tenido un desarrollo acelerado, ha sido tal su apogeo que incluso es posible tener acceso a bases de datos técnicas elaboradas a partir de proyectos internacionales. Sólo por poner un ejemplo, la *Protein Data Bank* contiene información de más de 130.000 moléculas biológicas (Protein Data Bank, *s.f.*), un recurso macro que puede ser empleado perfectamente como herramienta virtual en cursos de bioquímica de educación superior y que incluso es un recurso esencial empleado por investigadores de todas partes del mundo.

Tipos de herramientas TIC para la enseñanza de la química.

a. Modeladores Moleculares

Santoyo (2012) establece que particularmente en la enseñanza de la química orgánica:

Se requiere la comprensión del por qué los elementos se distribuyen de una manera determinada en el espacio, cuáles son las distancias y los ángulos que separan un átomo de otro dentro de una molécula y qué incidencia tiene dicha distribución sobre sus propiedades, en este caso físicas (p.1).

Estas propiedades y muchas más se ven mejor evidenciadas cuando se implementa el uso de modelos. Santoyo (2012, p.6) resalta no sólo la importancia del uso de modelos, sino la necesidad de los mismos para la construcción estructurada de conocimiento científico.

Un modelador molecular es básicamente un software que permite la estructuración de moléculas – principalmente de tipo orgánico – en tres dimensiones. Fernández (2014, p.4) señala que el uso del modelado molecular en la enseñanza de la química orgánica es una herramienta valiosa ya que abre la visión espacio-temporal del estudiante. El autor establece que los modeladores son herramientas didácticas de la ciencia ya que en “materias científicas como puede ser la química, se requiere un dominio de los diferentes componentes que intervienen en la visión espacial-tridimensional” (p. 19). Fernández (2014) agrega además que “el concepto de visión espacial es central en el estudio de la química, utilizado en el desarrollo de ciencias modernas en áreas particulares como pueden ser la biología o bioquímica, ciencia de materiales y Química Orgánica” (p. 19).

Cabe resaltar que la tendencia a modelar en ciencia es tan antigua como la ciencia misma, y ya en el siglo XIX los científicos construían modelos a escala para tratar de entender el comportamiento de las moléculas. Además, el establecimiento del “modelo” atómico ha sido uno de los máximos retos de los científicos a través de la historia. Hoy en día, con el apogeo de las TIC se encuentran un sinnúmero de herramientas que permiten trabajar modelado molecular como herramienta pedagógica para la enseñanza de la química.

Programas como Chemoffice, Chemdraw o Chem3D permiten modelar multiplicidad de moléculas gracias a sus interfaces de uso sencillo y versátil (RELAQ, *s.f.*). Estas herramientas (sobre las que se profundizará más adelante) permitirían despertar mayor interés en el estudiante quien podría asimilar la geometría molecular más cercana a la realidad de una manera mucho más eficiente de cómo podría apreciarla en un tablero.

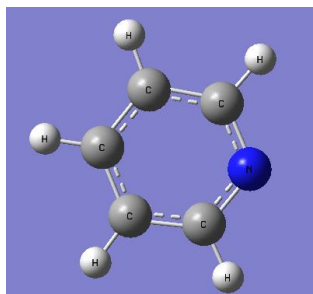


Figura 1 Molécula de Piridina modelada en el software Gaussview, diseñado por John Pople, premio Nobel de Química en 1998. (Fuente: Diseño Propio)

b. Bases de datos

Es innegable que el siglo XXI es la era del conocimiento y que la información a la cual se tiene alcance por medio de la web no sólo es infinita sino que además sigue en incremento. En el ámbito de las ciencias, el empleo de las bases de datos es fundamental en la ardua tarea de recopilar todo el nuevo conocimiento que se genera a diario a partir de las investigaciones de todo el mundo. “La concepción que se tenía de la información, ya no es algo aburrido y árido, sino por el contrario, un mundo fascinante en donde casi podemos tocar el resultado de la evolución del hombre y, por consiguiente, de nosotros mismos, ya que: "los grandes descubridores son hombres que sistemáticamente coleccionan información” (Gil, 1994, p. 1).

Gil (1994) además recuerda que “la necesidad de independencia ha llevado al hombre a crear herramientas que le permitan localizar, seleccionar, coleccionar, analizar, etc. la información que requiere para sus distintas actividades, ya sean científicas, de investigación, académicas o cotidianas” (p.2), para un estudiante de educación media la consulta de bases de datos especializadas debe ser una herramienta de consulta fundamental. En cuanto a química se refiere, existen múltiples, variadas y muy versátiles bases de datos que son herramientas TIC de muchísimo valor pedagógico y científico.

Realizar búsquedas de información para un estudiante de educación media no sólo significa hacerlo parte de un complejo global de conocimiento sino que será un hecho que contribuirá de manera significativa en la formación de un individuo investigador. Martínez (2013, p. 15), indica que la web tiene múltiples usos útiles, como por ejemplo que portales de reconocido valor académico sirvan como fuentes de información, recibir recomendaciones de sitios web por parte del profesorado, orientar bajo un tema determinado del cual se conozca poca información, buscar datos concretos, definiciones, estadísticas, direcciones, formulas e incluso actualizarse en noticias, información empresarial, política o económica; sin contar además con las múltiples webs dedicadas a ofrecer educación formal e informal.

Las bases de datos sin duda entre las fuentes de información digital más confiables que existen, por lo que el estudiante al ingresar a ellas está teniendo acceso a información de calidad, segura y gratuita.

Sólo por citar en un ejemplo – en química se tienen desde bases de datos básicas hasta bases de datos súper especializadas -, se referencia una base de datos en inglés, que además de ser una herramienta virtual de investigación química permitirá implementar un trabajo de bilingüismo en aras de la transversalización. Se hace referencia a *Chemogenesis* (Fig. 2), una base de datos muy completa que aborda multiplicidad de temáticas como por ejemplo tablas periódicas, reacciones, clasificación de la materia (*Meta-synthesis, s.f.*) sólo por tocar algunos temas de interés para un estudiante de educación media. En la figura 4 por ejemplo, se observa una tabla periódica de las miles que se han propuesto en la historia y ante la cual el estudiante denotará sorpresa por su interesante diseño, así como esa, la base de datos

citada alberga todas las tablas periódicas propuestas, un recorrido histórico muy instructivo y profundo acompañado de una herramienta TIC.

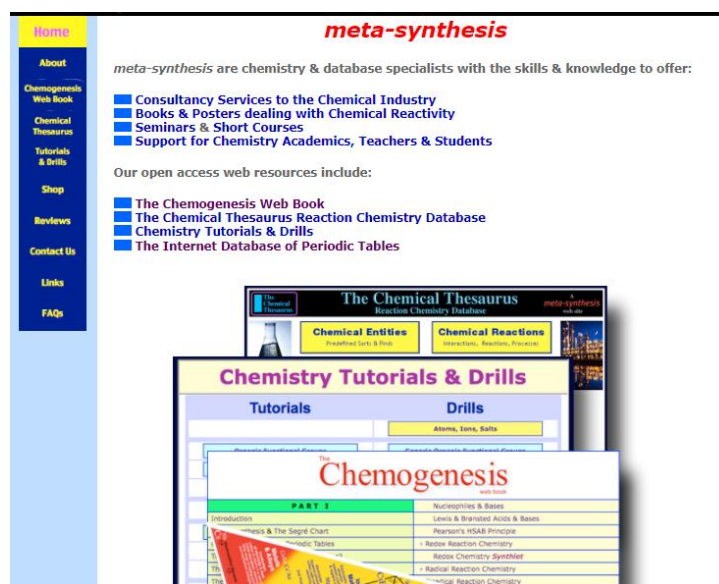


Figura 2 Interfaz Principal de la base de datos Chemogenesis (Meta-synthesis, s.f.)

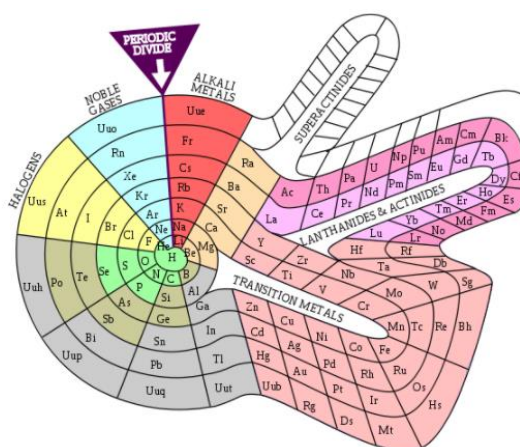


Figura 3 Tabla periódica propuesta por Theodor Benfey en los años 60', como ésta, la base de datos Chemogenesis alberga todas las tablas periódicas propuestas a través de la historia (Meta-synthesis, 2017)

c. Simuladores

En el campo de la didáctica de las ciencias, las simulaciones son herramientas que ayudan a potenciar el uso imprescindible de la tecnología. “Las simulaciones ofrecen una visualización dinámica de los fenómenos en dos o en tres dimensiones. Además de las simulaciones que se ejecutan en la computadora, son simulaciones: juegos de rol, manipulaciones de modelos moleculares, artefactos, etc.” (Raviolo, 2010, p.1). En la enseñanza de la química las simulaciones facilitan la visualización de la dinámica de un proceso químico, mejorando la comprensión de los conceptos.

Desde simuladores sumamente sencillos y didácticos hasta simuladores de procesos industriales, la web está saturada de herramientas virtuales de las que cualquier docente de química puede echar mano fácilmente. Las simulaciones toman importancia vital cuando un docente no cuenta con un laboratorio como recurso físico o cuando aborda un tema de compleja demostración experimental. Raviolo (2010) dice que “es importante discutir sobre la relación entre los experimentos de laboratorio y las simulaciones. Se reconoce que no es posible, ni necesario, que los alumnos descubran todo en el laboratorio. Algunos conceptos importantes de la ciencia no surgen de actividades manipulativas directas, como es el caso de la naturaleza corpuscular de la materia” (p.3).

Rodiño (2014), estudió la relación entre el rendimiento académico de los estudiantes de la Escuela Normal Superior de Monterrey, Casanare, en el área de química con la implementación de simuladores como herramienta virtual de aprendizaje, obteniendo como resultado “una gran motivación a la hora de enfrentar las clases y las prácticas de laboratorio, mejores resultados académicos, y una mejor estrategia didáctica de aprendizaje” (p. 3).

Un ejemplo que parece imprescindible de citar es la iniciativa de la Universidad de Colorado en Boulder, California, que establece la web *PhET Interactive Simulations*, donde se recopilan simuladores de manejo sencillo que resultan ideales incluso para niños. Los simuladores se pueden descargar fácilmente y aunque el diseño es de una universidad norteamericana se puede acceder al contenido en castellano. En la figura 4 se observa por ejemplo la simulación de construcción de un átomo, donde el simulador a medida que se van agregando las diferentes partículas subatómicas (protones, neutrones y electrones) va indicando el elemento correspondiente, la carga y el número másico (PhET, *s.f.*).

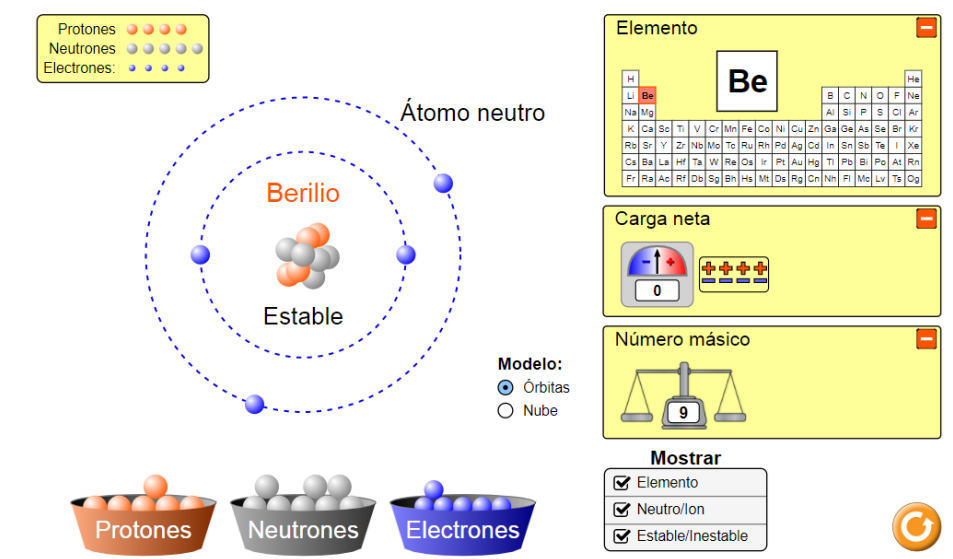


Figura 4: Simulación de la construcción de un átomo empleando un simulador de la plataforma PhET Interactive Simulations (PhET, *s.f.*)

d. Laboratorios Virtuales de Química

Un Laboratorio Virtual de Química (LVQ) es un simulador que ofrece al estudiante la posibilidad de experimentar a través del computador los procesos que se desarrollan en un laboratorio. Cataldi, Chiarenza, Dominighini, Donnamaría y Lage (2010) manifiestan que

el uso de un laboratorio virtual de química es fundamental para la enseñanza de dicha asignatura, además aseguran que “si bien se encuentran limitados en la enseñanza de ciertos aspectos relacionados con la práctica experimental de la Química, cuentan con virtudes dado que ofrecen más plasticidad que un laboratorio real en la enseñanza de esta ciencia” (p.720).

Estos programas informáticos se pueden complementar con los laboratorios reales para mejorar y optimizar la enseñanza de la química y por supuesto para reemplazar a los laboratorios reales en aquellas instituciones que carecen del recurso físico. Chiarenza (2011) buscó fundamentar el uso de los LVQ desde una didáctica de la Química constructivista y acorde con la producción del conocimiento científico, analizando para ello diversos simuladores de laboratorios de química y estudiando las herramientas didácticas que soportaba a cada uno.

Particularmente, el portal Colombia aprende del Ministerio de Educación Nacional, tiene en su plataforma un LVQ, el cual recomienda, se trata de VlabQ, un software liviano y portable que simula los procesos más fundamentales que se pueden llevar a cabo en un laboratorio de química y que además va dirigido especialmente a estudiantes de educación básica y media (Colombia Aprende, *s.f.*). El portal además ofrece las características específicas del LVQ:

- Cada simulación o práctica se guarda en un archivo que contiene todos los reactivos y condiciones que se usarán durante el experimento.
- Puede guardar en cualquier momento todo el contenido del laboratorio, tanto el equipo como su contenido y condiciones para continuar con la práctica posteriormente.

- Puede cambiar la velocidad de simulación, sin embargo el diseñador de las prácticas determina si el usuario puede variar la velocidad de la simulación o no.
- Una vez cargada una práctica, el simulador muestra diferentes textos que sirven como guía para realizar la práctica. En concreto son tres apartados que muestran el Marco teórico, el procedimiento y las conclusiones que contiene cada simulación
- Contiene los instrumentos necesarios al igual que un Laboratorio real, tales como: Vasos de Precipitados, Matraces Erlenmeyer, filtro buchner, Matraz de balón, Reactor, Buretas, Probetas, Pipetas, Tubo de ensaye, etc.
- Además de equipo de medición: como pHmetros, termómetros, conductímetros y balanzas. Equipo térmico: mechero, parrilla y Baño de hielo. Agitador de vidrio, vidrio de reloj, Cápsula de porcelana, Calorímetro.

Los ítems anteriores enmarcan los aspectos técnicos de su funcionamiento (Colombia Aprende, *s.f.*). En la figura 5 se observa el diagrama de una titulación obtenido tras una simulación realizada en VlabQ.

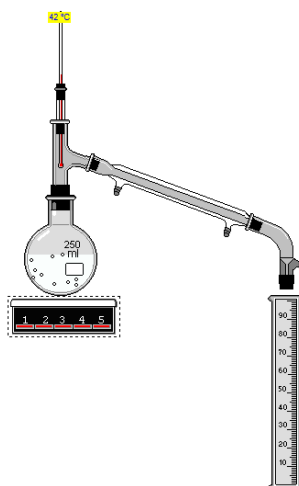


Figura 5 Diagrama de una destilación sencilla obtenida tras una simulación en el laboratorio virtual de química VlabQ (Fuente: Diseño Propio).

e. Aplicaciones Android

En este mundo globalizado, un teléfono celular con tecnología Android es la herramienta más común que se puede encontrar al servicio del estudiante. Entre la diversidad de aplicaciones gratuitas enfocadas a la educación que se pueden encontrar, existe una variedad amplia y versátil focalizada específicamente en el aprendizaje de las ciencias.

La gama de funciones de las aplicaciones Android abarcan variadas temáticas de la química como el balanceo de reacciones, estudio de grupos funcionales orgánicos, tablas periódicas, cálculos de estequiometría, propiedades de la materia y bases de datos sobre moléculas orgánicas.

Por ejemplo, Hernández (2015), destaca la base de datos *ChemSpider mobile*, desarrollada por la Royal Society of Chemistry, entre sus atributos destaca el hecho de que al seleccionar una molécula en particular la aplicación dirige “directamente a una ficha que contiene una lista completa de sus propiedades físicas (tanto datos experimentales como las predicciones teóricas), apariencia, toxicidad, etc. Asimismo, contiene una completa información sobre espectros y proveedores de equipos, entre otras cosas resaltantes” (p. 34). Regalado, Cordero, Zárate, Castellanos, Martínez, Estrada y Peralta (2016) analizaron el rendimiento académico de estudiantes de ingeniería química cuando se incorporaban aplicaciones Android en el desarrollo de las temáticas del curso, obteniendo que “la mayoría de los estudiantes mejoraron sus habilidades en la solución de problemas de balances de materia y energía. Así como conocimientos y habilidades genéricas” (p. 138). Un buen indicio que demuestra cuán valiosa es la aplicación de las TIC en la educación.

Incluso, prestigiosas empresas recurren a promocionarse poniendo en plataformas Android herramientas gratuitas que llegan a ser importantes para el estudio de la química.

Por ejemplo, Merck, S.A., una de las empresas de reactivos químicos más importantes del mundo, ofrece de forma gratuita una aplicación de la tabla periódica, en la cual el estudiante puede acceder a información general de cada elemento como quien fue su descubridor, en qué año fue descubierto, de donde proviene su nombre y una serie de propiedades físicas y químicas.

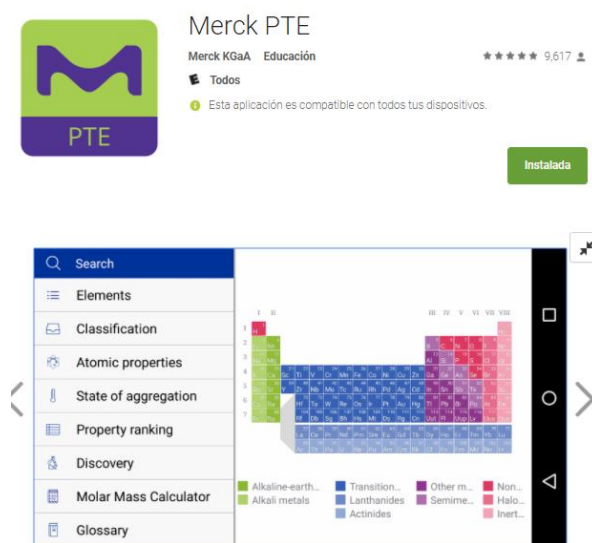


Figura 6: Aplicación Android de la tabla periódica diseñada por Merck, S.A., una de las casas de reactivos químicos más importantes del mundo (Fuente: Google Playstore, s.f.).

Todas las herramientas nombradas anteriormente y de las cuales se profundizará mejor más adelante hacen parte del *boom* tecnológico que han traído las TIC, un fenómeno que se debe potenciar al máximo para estar a la vanguardia de la educación moderna y una herramienta necesaria en el salón de clase, en palabras de Cataldi y Lage (2012):

Hay que redefinir la enseñanza y el aprendizaje como el frente de la tecnología: mediante Internet, los celulares, la formación online, las

plataformas, y la posibilidad de que los estudiantes aprendan más y más rápido, además de ayudar a los profesores a un proceso de aprendizaje más visible para ellos mismos y sus estudiantes (p.2).

Aspectos Metodológicos

El documento presentado se enmarca bajo la modalidad de monografía de compilación.

Como etapa inicial se realiza una revisión bibliográfica exhaustiva de herramientas virtuales enfocadas en la enseñanza de la química. Para ello se investigan principalmente fuentes terciarias como bases de datos y artículos de revistas especializadas. Se enlistan una serie de herramientas virtuales analizando sus características: uso gratuito o de licencia libre, temática en la cual se enfoca, versatilidad de la interfaz, idioma, accesibilidad (herramienta online u offline), entre otras. De las herramientas virtuales consultadas son escogidas las que según consideración del autor tienen mayor potencial académico y son mejor aplicables con estudiantes de educación media.

Toda la información se sistematiza de manera que se catalogan las herramientas virtuales en 5 familias:

- Modeladores Moleculares
- Bases de datos
- Simuladores
- Laboratorios virtuales de química
- Aplicaciones Android

Cada herramienta virtual seleccionada es de uso libre y/o licencia gratuita, es descrita con su respectiva aplicación, características generales y posibles temáticas a trabajar. Así mismo para cada una se muestran imágenes de la interfaz de trabajo donde se trata de recalcar la versatilidad de las mismas.

Resultados

1. Modeladores Moleculares

1.1 Chemdraw

Diseñado por CambridgeSoft sobre la década de los 80' para el estudio de moléculas orgánicas en un ámbito tridimensional, Pulido y Barbero (2015) manifiestan que es una herramienta didáctica muy útil y completa, en palabras de los propios autores: “Se trata de un potente y versátil editor gráfico de moléculas diseñado para crear y modificar estructuras químicas, que facilita la visión espacial y resulta idóneo para el entrenamiento del alumno en la construcción de modelos moleculares” (p.1).

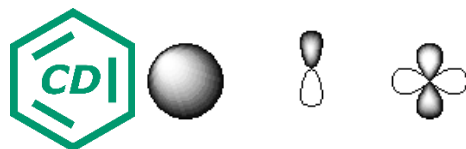


Figura 7: Logotipo Oficial de Chemdraw a la izquierda y Orbitales Atómicos modelados en Chemdraw 7.0 a la derecha (Fuente: Chemdraw Ultra 7.0, *s.f.*).

Pulido y Barbero (2015) exponen que son múltiples las temáticas que se pueden abordar en la enseñanza de la química orgánica apoyados en Chemdraw como herramienta TIC, entre éstas se destacan:

- Introducción a los hidrocarburos tanto alifáticos como aromáticos.
- Estructuras fundamentales saturadas e insaturadas.
- Grupos funcionales.
- Isomería.
- Estereoquímica.

- Biomoléculas.

Los temas indicados necesitan un buen dominio de la formulación espacial y una aceptable habilidad para la representación tridimensional de las moléculas, de ahí la importancia de esta herramienta informática (Pulido y Barbero, 2015, p.2). Por otra parte Guerra (2006, p. 115-116) manifiesta que cuando se implementan en las clases de la enseñanza de la química procesadores de texto, bases de datos o programas virtuales como Chemdraw las potencialidades del estudiante se ven incentivadas por dichas herramientas y el aprendizaje es más dinámico.

Chemdraw puede encontrarse en diversos sitios web y en diversas versiones de manera gratuita, por ejemplo – solo por citar alguna web – en la plataforma <https://www.programas-gratis.net/>, se encuentra la versión demo 15.1 recibiendo excelentes calificaciones por parte de los usuarios que la han descargado. A partir del 2011 el software es comercializado por la empresa PerkinElmer, quienes comercializan versiones plus de altísima categoría, sin embargo tal como se decía anteriormente, versiones básicas se encuentran en la web sin requerir licencia.

El idioma oficial del software es el inglés, por lo que el proceso de manipulación llevará al estudiante a socializarse con un vocabulario técnico en habla inglesa. De esta manera, además de incentivar al estudiante con el empleo de herramientas tecnológicas, se está transversalizando la enseñanza de la química con otra área fundamental de la educación básica como lo es la enseñanza del inglés como lengua extranjera.

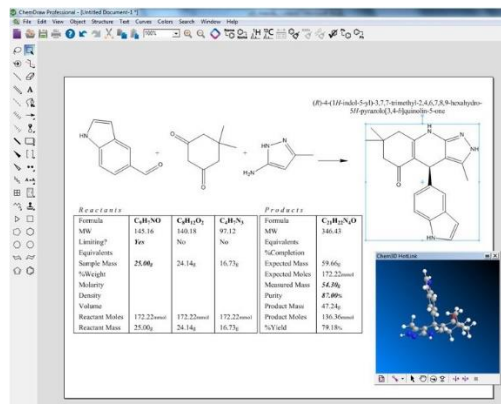


Figura 8 Interfaz general del demo Chemdraw 15.1 con algunas moléculas orgánicas diagramadas (Fuente: Diseño Propio)

1.2 Chem 3D

Pertenece a la misma familia del Chemdraw, de hecho ambos están inmersos en un paquete de modelado químico llamado Chemoffice. Por ende, Chem 3D también ha sido diseñado por CambridgeSoft. Su interfaz está diseñada para enfocarse principalmente en la enseñanza de la química orgánica.

Para Camargo (2014), “la química orgánica, donde se contemplen las moléculas como estructuras tridimensionales y dinámicas que interactúan, esto le permitirá encontrar semejanzas y diferencias entre las moléculas y así mismo, más adelante analizar una o varias reacciones” (p.13). Chem 3D está concebido para trabajar sobre un sistema molecular a la vez y permite modelaciones tridimensionales (su nombre mismo lo indica, 3D) que permite reconocer la geometría molecular.

Al igual que Chemdraw, Chem 3D tiene diversas versiones que se encuentran en diferentes webs con posibilidades de descargas libres de licencia. La interfaz del programa – a pesar de ser en inglés – es fácilmente manipulable y muy versátil, al punto que se

pueden modelar moléculas biológicas de tamaño considerable en apenas unos minutos. Cada átomo de la tabla periódica es representado con un color característico y para cada uno es posible agregar o quitar valencias dependiendo de la molécula establecida.

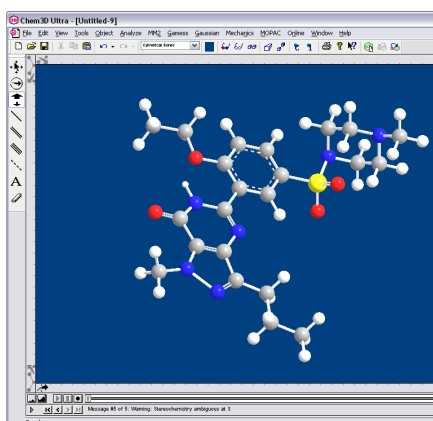


Figura 9 Interfaz general de Chem 3D con el modelado de una molécula orgánica aleatoria (Fuente: Diseño Propio)

1.3 Gabedit

Gabedit es una interfaz gráfica, un visualizador, es decir un software capaz de leer matrices de programación de diversos programas (Gaussian por ejemplo) e interpretar esa información numérica en forma de gráficos. Es por ende, uno de los principales programas que manejan a nivel mundial los investigadores en química computacional. Cuando se cita a Gabedit, se adentra en territorios de ciencia computacional algo avanzada, pero no por eso esta interfaz deja de ser una herramienta de modelado a nivel de educación media, pues entre sus opciones, las cuales son muy versátiles, permite la elaboración de moléculas átomo por átomo de forma muy sencilla.

Perez (2014) recuerda que “el uso adecuado de estas herramientas de modelación computacional constituye una manera efectiva de llevar ese mundo microscópico abstracto

a un lenguaje lo suficientemente asequible, por parte de los estudiantes, de manera que el proceso de enseñanza-aprendizaje puede terminar con la construcción de modelos que pueden ser llevados al mundo cotidiano” (p. 4). Gabedit es una herramienta ideal para ello, además es un software libre empleado en los mejores claustros académicos del mundo.

Permite modelar moléculas utilizando la avanzada interfaz de modelado 3D, o cargar moléculas desde archivos estándar (Universidad Nacional del Litoral, 2017), lo cual también es una ventaja, pues abundan bases de datos con moléculas predeterminadas que se pueden cargar en la interfaz para su respectivo estudio.

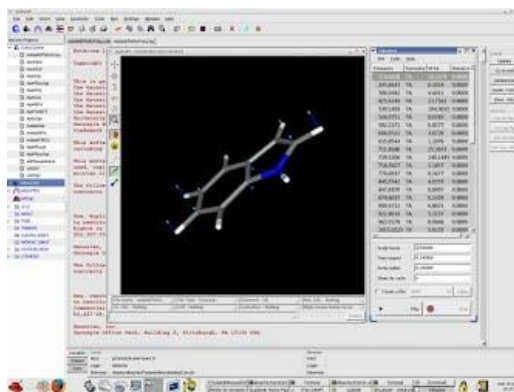


Figura 10: Interfaz general de Gabedit con el modelado de una molécula orgánica aleatoria (Fuente: Universidad Nacional del Litoral, *s.f.*)

De la misma forma es una interfaz que soporta grandes sistemas, de manera que podría implementarse en la enseñanza de las ciencias naturales a la hora de comprender el comportamiento o la estructura de carbohidratos, lípido o cadenas de ADN.

1.4 Gaussview

Gaussview, al igual que Gabedit es un visualizador más que una herramienta de modelado molecular, que dispone de herramientas computacionales muy avanzadas, de

forma que es otro software de impacto investigativo mundial. Pero también, al igual que Gabedit, permite construir moléculas átomo por átomo por medio de una interfaz sencilla y didáctica.

Su interfaz consta de dos ventanas, una programadora donde se escoge el átomo o la estructura a modelar y otra visualizadora donde va quedando plasmada dicha estructura. Contiene además una tabla periódica con todos los posibles enlaces de cada uno de los elementos y la geometría de dichos enlaces, de manera que el estudiante navegando en su interfaz podrá entender con facilidad la verdadera distribución espacial de las moléculas.

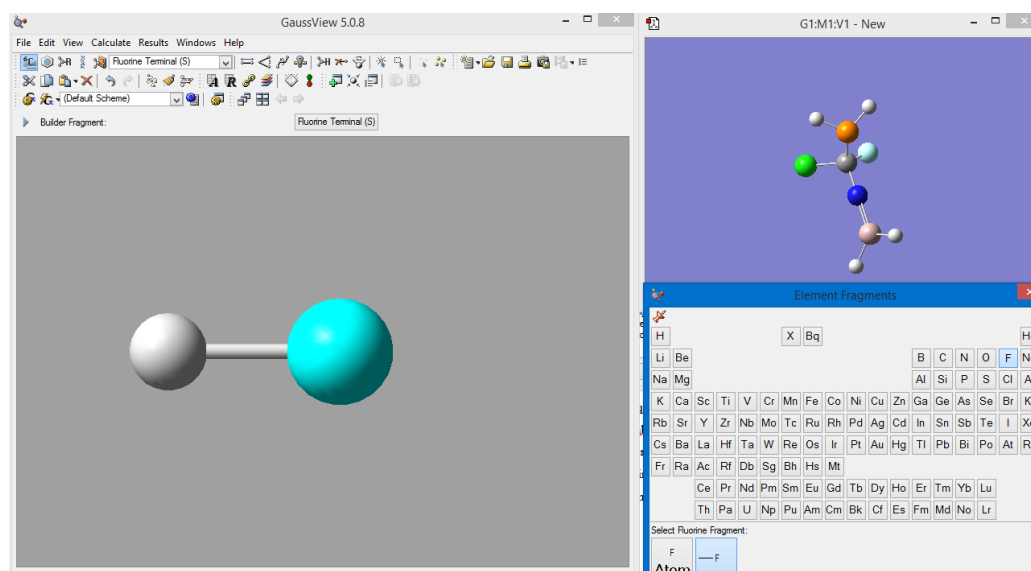


Figura 11: Interfaz general de Gaussview. Posee dos ventanas, una programadora donde se escoge el elemento a incluir en la estructura y una visualizadora donde la estructura se va construyendo (Fuente: Diseño Propio).

Entre sus valiosas herramientas, Gaussview proporciona datos muy valiosos, por ejemplo la longitud de un enlace, el ángulo de un enlace, la energía que puede tener el mismo y las geometrías moleculares; datos que son aplicables a diversas temáticas de la

enseñanza de la química en la educación media. La interfaz, al igual que los softwares anteriores se encuentra en inglés, pero es fácilmente manipulable.

2. Bases de datos

En este apartado las opciones son innumerables, desde bases de datos enfocadas a la química básica hasta plataformas especializadas de potencial mundial. Aquí se enunciarán algunas que el autor considera fundamentales y que emplea permanentemente en su labor de enseñanza de la química. Por supuesto, estas bases de datos están inmersas en plataformas online, por ende, se necesita conexión a internet para tener acceso a ellas. Un listado más extenso y más especializado puede ser encontrado en la página web de la Red Latinoamericana de Química: www.relaq.mx.

2.1 NIST Webbook

Es la base de datos del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos. Por excelencia, es la base de datos de mayor consulta entre la comunidad científica que se dedica al estudio de la química. Suministra una serie de datos fisicoquímicos de cualquier molécula en específico seleccionados con altísimo rigor científico. Martínez (*s.f.*) aclara que esta plataforma recoge información de 80 bases de datos de la NIST, “las bases de datos del NIST, más de 100 ficheros, abarcan no sólo un volumen ingente de información, sino también un amplio espectro de disciplinas: metrología, química, materiales, física general, física atómica y molecular, biotecnología, biometría, ambiente, electrónica, computación, construcción, etc” (párr. 5).

Otra gran ventaja que tiene la NIST Webbook es que a pesar de tener origen norteamericano la interfaz principal es en español para facilidad del estudiante, la búsqueda de los propiedades de una molécula específica se puede realizar por nombre o por formula. Sin duda alguna, es una base de datos ideal para que un estudiante de educación media acceda de manera sencilla a conocimiento químico avalado por la comunidad científica mundial.

NIST National Institute of Standards and Technology U.S. Department of Commerce **Libro del Web de Química del NIST, SRD 69**

🏠 Búsquedas ▼ Datos de NIST ▼ Sobre ▼

Búsqueda de Especies por Nombre Químico

Por favor, siga los pasos indicados abajo para realizar su búsqueda: [\(Ayuda\)](#)

1. Introduzca el nombre de una especie química (por ejemplo, methane, *2-hexene):
2. Seleccione las unidades deseadas para los datos termodinámicos:
 SI en calorías
3. Seleccione los tipos de datos deseados:

Datos Termodinámicos	Otros datos
<input type="checkbox"/> Fase gaseosa	<input type="checkbox"/> Espectro de IR
<input type="checkbox"/> Fase condensada	<input type="checkbox"/> Espectro de THz IR
<input type="checkbox"/> Cambio de fase	<input type="checkbox"/> Espectro de masa
<input type="checkbox"/> Reacción	<input type="checkbox"/> Espectro UV/Vis
<input type="checkbox"/> Energética de iones	<input type="checkbox"/> Cromatografía de gas
<input type="checkbox"/> Agregados iónicos	<input type="checkbox"/> Niveles de energía electrónica y vibracional
	<input type="checkbox"/> Constantes de moléculas diatómicas
	<input type="checkbox"/> Ley de Henry
4. Pulse aquí para realizar la búsqueda:

Figura 12: Interfaz principal de NIST webbook (Fuente: NIST, *s.f.*).

Hexane

- **Fórmula:** C₆H₁₄
- **Peso molecular:** 86.1754
- **IUPAC InChI Estándar:**
 - InChI=1S/C6H14/c1-3-5-6-4-2/h3-6H2,1-2H3
 - [Descarga el identificador en un archivo.](#)
- **IUPAC InChIKey Estándar:** VLKZOEYAKHREP-UHFFFAOYSA-N
- **Número de registro CAS:** 110-54-3
- **Estructura química:**



Esta estructura está también disponible como [2d Mol file](#) o como [computed 3d SD file](#).

- **Isoanálogos:**
 - [Hexane-d14](#)
 - [Hexane-d7](#)
- **Otros nombres:** n-Hexane; Skellysolve B; n-C6H14; Esani; Heksan; Hexanen; Hexyl hydride; Gettysolve-B; NCI-C60571; NSC 68472
- **Información en esta página:**
 - [Notes](#)
- **Otros datos disponibles:**
 - [Datos de fase gaseosa](#)
 - [Datos de fase condensada](#)
 - [Datos de cambio de fase](#)
 - [Datos termodinámicos de reacción](#)
 - [Datos del ley de Henry](#)
 - [Datos de energética de iones on fase gaseosa](#)
 - [Espectro de IR](#)
 - [Espectro de masa \(ionización del electrón\)](#)
 - [Fluid Properties](#)

Figura 13: Propiedades del Hexano, página principal que muestra principales propiedades y despliega menús a decenas de propiedades más (Fuente: NIST, *s.f.*).

2.2 Chemogenesis Webbook

“Chemogenesis es una base de datos para químicos académicos, profesores de química y estudiantes del área” (Meta-synthesis, *s.f.*). La base de datos es en inglés, pero la interfaz de navegación es muy sencilla. Los datos que contiene la plataforma abordan temáticas básicas de la educación media, como lo son reacciones químicas, estudio de la tabla periódica, enlaces, valencias, electronegatividad o conceptos de ácido-base.

En un árbol metafórico de Chemogenesis se ilustran lo que se considera las bases de la química (Fig. 14). En la figura 15 se muestra además todas las temáticas que aborda la base de datos, sin duda alguna, una herramienta que enriquece desde todo punto de vista el

proceso de aprendizaje de la química. Se debe recordar, que esta base de datos es escogida particularmente porque la información que contiene tiene un aval de calidad científica mundial.

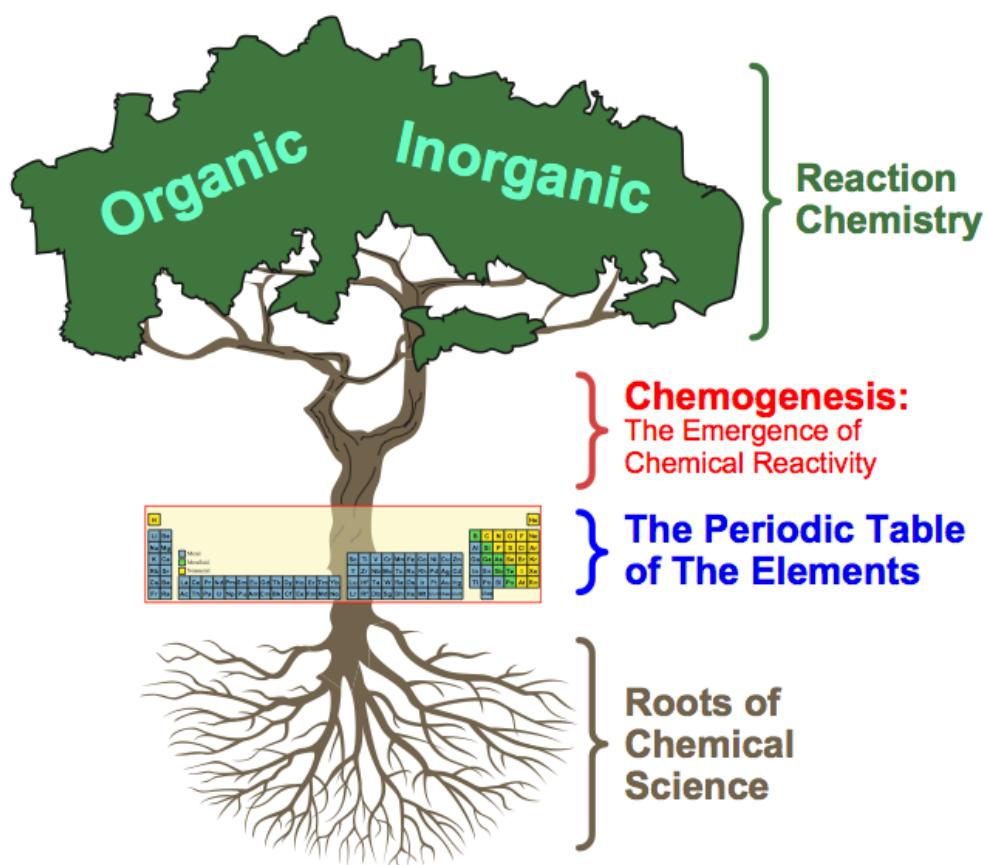


Figura 14: Árbol metafórico del estudio de la química (Meta-synthesis, *s.f.*)

The Chemogenesis web book	
1 Atoms – Elements – Periodic Tables	<ul style="list-style-type: none"> • Redox Reaction Chemistry • Redox <i>Synthlet</i> • Radical Reaction Chemistry • Diradical Reaction Chemistry • Photochemistry • Species/Species Interactions • The Simplest Mechanistic Step: STAD • Unit & Compound Mechanistic Steps • The Mechanism Matrix • Addition To a Double Bond <i>Synthlet</i> • Pericyclic Reaction Chemistry
<ul style="list-style-type: none"> • Introduction • Nucleosynthesis • The Segré Chart of Isotopes • Quantum Numbers to Periodic Tables • The Periodic Table: <i>What is it Showing?</i> • The INTERNET <i>Database</i> of Periodic Tables 	
2 Structure – Bonding – Material Type	4 Chemical Theory
<ul style="list-style-type: none"> • Binary Compounds • Binary Compound <i>Synthlet</i> • Electronegativity • van Arkel-Ketelaar Triangles of Bonding • Tetrahedra of Structure, Bonding & Material Type • Structure, Bonding & Material Type <i>Synthlet</i> • Classification of Matter 	<ul style="list-style-type: none"> • Why Do Chemical Reactions Occur? • Thermochemistry <i>Synthlet</i> • Timeline of Structural Theory • Lewis Theory • Valence Shell Electron Pair Repulsion • MO Theory: Diatomic Molecules & Ions • Polyatomics: Hybrid & Molecular Orbitals • Linear & Aromatic Organic π-Systems • Functional Group <i>Database</i>
3 Interactions – Reactions – Mechanisms	5 Complexity & Emergence
<ul style="list-style-type: none"> • Overview of A New Analysis • Main Group Elements & Hydrides • Five Hydrogen Probe Experiments • Congeneric Arrays • Quantifying Congeneric Behaviour • Ligand Replacement Congeneric Arrays • Exploring Congeneric Array Interactions • Congeneric Array <i>Database</i> • The Emergence of Organic Chemistry • Five Reaction Chemistries • Lewis and Brønsted Models of Acidity • Pearson's HSAB Principle • Lewis Acids & Lewis Bases, A New Analysis • Lewis Acid/Base Interaction Matrix • Patterns in Reaction Chemistry Poster • Lewis Acid/Base Matrix <i>Database</i> • Nucleophiles, Bases & The Fluoride Ion 	<ul style="list-style-type: none"> • Systems Thinking • Linear Chemistry Systems • Complex & Emergent Chemistry Systems
	6 Extras
	<ul style="list-style-type: none"> • Videos in The Chemogenesis Webbook • The Chemical Thesaurus Reaction Database • Chemogenesis: The Paper • Electronegativity as Basic Property: The Paper • Literature Refs & Further Reading • Afterword

Figura 15: Temáticas que pueden ser trabajadas apoyadas en la base de datos Chemogenesis (Meta-synthesis, *s.f.*)

2.3 INSHT FISQ

Para Henao (1996):

Las bases de datos pueden utilizarse como una herramienta didáctica poderosa y versátil en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales y las matemáticas. Tienen un gran potencial para ayudar al maestro a presentar información con más rapidez, con más profundidad, con más exactitud, y de una forma más interesante y variada (p. 193).

En un laboratorio de química por ejemplo, el estudiante antes de iniciar la manipulación de un reactivo debe conocer su grado de toxicidad y en general, sus características.

Esa serie de cuidados, de riesgos que representa dicho reactivo se ve representado en lo que se denomina “Ficha de seguridad”. El Instituto Nacional de Seguridad para la Higiene y el trabajo de España (INSHT) tiene una plataforma de acceso libre y gratuito llamada “Fichas Internacionales de Seguridad Química” (FISQ). Esta base de datos contiene las fichas de seguridad de miles de compuestos químicos – los más comunes en el trabajo de laboratorio -(INSHT, *s.f.*), de manera que un estudiante de educación media con acceso a esta base de datos aprenderá a contextualizar la naturaleza de todos los compuestos químicos que hacen parte de una reacción.

La plataforma tiene una barra de búsqueda a través de la cual el estudiante podrá buscar un compuesto específico y acceder a la ficha de seguridad del mismo y de sus derivados. La figura 16 muestra la plataforma de navegación que incluye el motor de búsqueda y la figura 17 una ficha de seguridad de las miles que guarda la base de datos.



Figura 16 Interfaz principal de la base de datos INSHT FISQ (INSHT, *s.f.*)

Fichas Internacionales de Seguridad Química


ACETALDEHIDO		ICSC: 0009 Noviembre 2003	
CAS:	75-07-0	Aldehído acético	
RTECS:	AB1925000	Etanal	
NU:	1089	Etil aldehído	
CE Índice Anexo I:	605-003-00-6	C ₂ H ₄ O / CH ₃ CHO	
CE / EINECS:	200-836-8	Masa molecular: 44.1	
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Extremadamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. NO poner en contacto con superficies calientes.	Polvo, espuma resistente al alcohol, agua en grandes cantidades, dióxido de carbono.
EXPLOSIÓN	Las mezclas vapor/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular. Utilicéense herramientas manuales no generadoras de chispas.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.

Figura 17 Ficha de seguridad del Acetaldehído (INSHT, s.f.)

2.4 Chemical Genealogy

Para los amantes de la historia, es una plataforma desarrollada por la Universidad de Illinois que alberga los nombres de eminentes científicos que dedicaron su vida a la ciencia, indicando para cada caso si tuvo también estudiantes eminentes y sobre cuáles otros científicos tuvo influencia y por supuesto, sus mayores contribuciones al conocimiento científico (RELAQ, s.f). La plataforma se encuentra en inglés, pero el nombre de los científicos se puede encontrar fácilmente ya que los tiene enlistados alfabéticamente.

Como el objetivo de la base de datos es construir una relación genealógica entre los grandes contribuyentes al conocimiento químico a lo largo de la historia, permite ingresar en una función muy versátil, y es que al clicar sobre alguna rama específica de la química – orgánica por ejemplo – la plataforma arroja como resultado un árbol genealógico que trata de relacionar a químicos orgánicos y sus contribuciones. Son tantos los nombres de grandes científicos que se nombran en las aulas de clase, que mejor que una base de datos que pueda mostrar algo de su trabajo y ubicarlo en la historia cronológicamente junto con sus colaboradores, maestros y aprendices (RELAQ, s.f).

Como se decía con anterioridad, una base de datos ideal para los amantes de la historia. Para conocer más bases de datos se puede ingresar en la web de la red latinoamericana de Química, disponible en http://www.relaq.mx/RLQ/bases_de_datos.html.

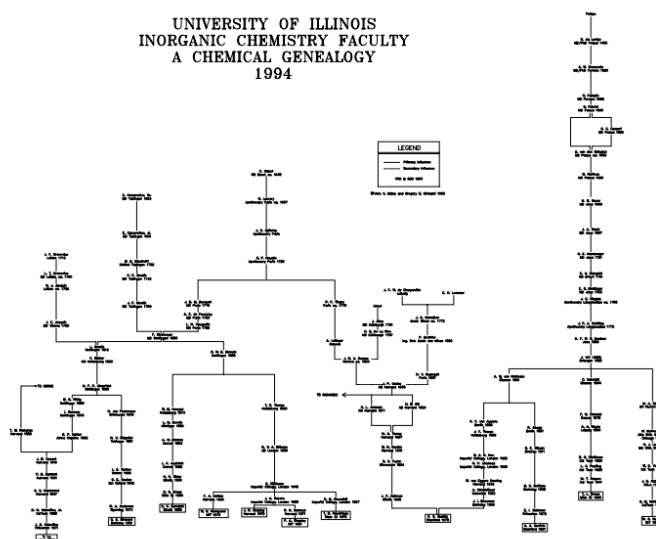


Figura 18: Árbol genealógico de la química inorgánica hasta 1994. En la base de datos citada se puede ver cada uno de los nombres relacionados con claridad (RELAQ, *s.f*)

3 Simuladores

3.1 PhET

PhET Interactive Simulations es una plataforma diseñada por la Universidad de Colorado Boulder. Contiene una colección de mini simuladores que abordan diferentes temáticas de ciencias, particularmente de química, pero contiene también de física, biología y matemáticas (PhET interactive simulations, *s.f.*). La plataforma se encuentra en español y todos los mini simuladores que alberga son de descarga completamente gratuita, además las simulaciones se enfatizan en temas que se abordan desde preescolar hasta bachillerato.

Los simuladores se descargan en versión flash y no exigen requisitos de sistema especializados, es decir, corren perfectamente en un computador estándar. En química, las temáticas que incluye son de las más importantes que se abordan en la educación media, como por ejemplo: balanceo de ecuaciones, construcción de un átomo, densidad, efecto fotoeléctrico, escala de pH, estados de la materia, isotopos, molaridad, estudios de conductividad, efecto invernadero y otros fenómenos como la dispersión de partículas y la desintegración nuclear.

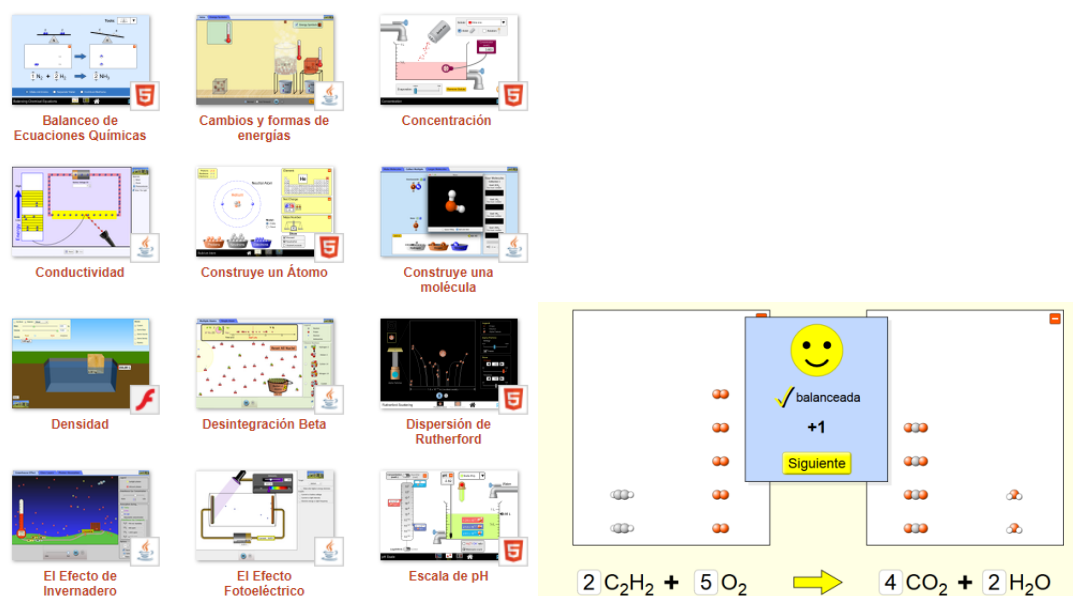


Figura 19: A la izquierda algunas temáticas de las simulaciones que se pueden llevar a cabo en cuanto a química se refiere, a la derecha una simulación con la temática “Balanceo de ecuaciones químicas” (PhET interactive simulations, *s.f.*).

3.2 Atoms, Symbols and Equations

Es una plataforma multimedia clásica, que a pesar de las nuevas herramientas virtuales para la enseñanza de la química se niega a pasar de moda. Diseñado originalmente para Windows 95 contiene una metodología de aprendizaje tan didáctica que es difícil relegarla.

Permite el trabajo en temáticas como elementos químicos, compuestos, mezclas, estructura atómica, enlaces iónicos y covalentes, enlaces energéticos y la tabla periódica (Atoms, symbols and equation, s.f.).

El software es liviano y portable, su interfaz se encuentra en un inglés muy básico por lo que es fácilmente asequible para un estudiante de educación media y se encuentra en diversas web para descarga libre de licencia. De la misma forma, se puede descargar libremente a partir de la web oficial del software, <https://atoms-symbols-and-equations.soft112.com/>.

Es muy versátil y dinámico, la última versión fue diseñada para Windows XP, de manera que si se tiene un sistema operativo moderno en la computadora se debe emplear un emulador para correr el software (Atoms, symbols and equation, s.f.).

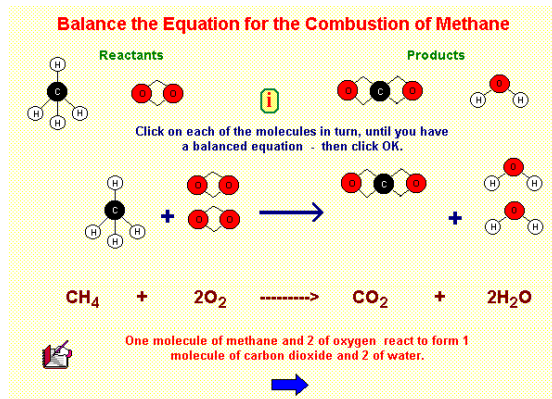


Figura 20 Balanceo de ecuaciones trabajado con Atoms, symbols and equations. (Atoms, symbols and equation, s.f.).

4 Laboratorios Virtuales de Química (LVQ).

4.1 VlabQ

Cataldi, Chiarenza, Dominighini y Lage (2011) aclaran que:

Es un simulador creado por Sibeas Soft que utiliza equipos y procedimientos estándares para simular los procesos que intervienen en un experimento o práctica. La versión demo incluye 5 prácticas ya desarrolladas por los autores del programa pero con ninguna otra restricción y existe un programa complementario para generar las prácticas uno mismo llamado QGenerator, con lo cual da más valor al uso de este programa (p.2).

La plataforma está diseñada completamente en español, además es un software portable y de descarga libre, incluso, es recomendado por el portal Colombia aprende para la enseñanza de la química. Cuando se esté trabajando en una práctica de laboratorio en particular esta herramienta ofrece la posibilidad de guardar en cualquier momento todo el contenido del laboratorio, tanto el equipo como su contenido y condiciones, para así poder continuar con la práctica posteriormente (Programas-gratis.net, *s.f.*).

VlabQ contiene los instrumentos de laboratorio más importantes de manera que el estudiante tiene una contextualización completa tanto de la práctica, como de los instrumentos de laboratorio trabajado y el fenómeno explicado.



Figura 21 Simulación del calentamiento de un tubo de ensayo empleando un mechero de Bunsen a través de VlabQ. (Fuente: Diseño Propio).

4.2 Virtual Chemistry Lab.

Es una plataforma muy parecida a VlabQ pero mucho más completo, con la diferencia que Virtual Chemistry Lab tiene una interfaz netamente en inglés. Posee además un asistente virtual que va guiando las prácticas de laboratorio a realizar (Cataldi *et al*, 2011). Cataldi *et al* (2011) dicen además respecto a este LVQ:

Ofrece varias herramientas como visualizador molecular, tabla periódica, tabla de solubilidad, tabla de la actividad oxidante y relativa e incluso un glosario. También cuenta con un editor de ecuaciones y un convertidor de unidades. Trae autoevaluaciones, una calculadora científica, ejercicios de laboratorio, tareas y un registro de laboratorio (p.3).

El software fue diseñado por el Búlgaro Boyan Mijailov y es de uso libre. Cabe decir además de que su base de datos de reacciones químicas es muy amplia, de manera que su gama de prácticas de laboratorio es mayor que otros laboratorios virtuales de Química (Cataldi *et al*, 2011).

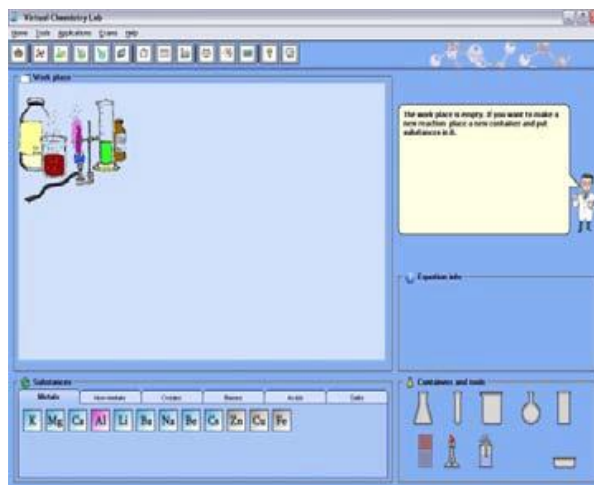


Figura 22 Interfaz principal de Virtual chemistry lab. A la derecha de la imagen se puede observar el asistente virtual. (Cataldi *et al*, 2011, p.3).

4.3 Virtual Lab

A diferencia de los dos LVQ mostrados anteriormente que son software libre de descarga, este es un laboratorio online, por lo que requiere conexión a internet. La interfaz es completamente en inglés pero se puede cambiar a español o italiano y en cuanto a las prácticas de laboratorio es versátil. Permite trabajar temáticas fundamentales en la educación media como por ejemplo estequiometria, equilibrio químico, termoquímica, conceptos de ácido-base, conceptos de oxidación-reducción y solubilidad, y para cada temática tiene una variada gama de prácticas propuestas (Chemcollective, *s.f.*).

Se encuentra en la web <http://chemcollective.org/vlabs>, que pertenece a Carnegie Mellon University. Su uso es libre y funciona bajo versión Flash. Durante las prácticas parámetros como la temperatura se pueden variar fácilmente, la interfaz es sencilla y muy versátil. Su diseño fue pensado para la enseñanza de la química y puede ser aplicado para educación tanto básica como media.

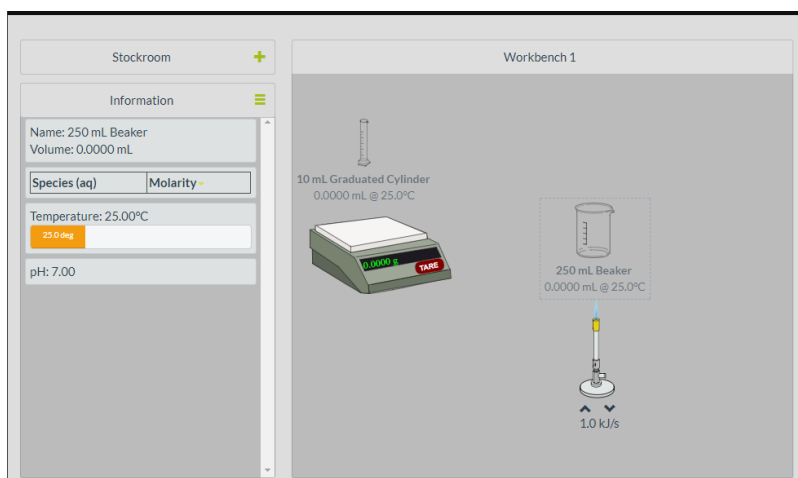


Figura 23 Interfaz principal de Virtual Lab. (Chemcollective, *s.f.*).

5 Aplicaciones Android

5.1 Quimidroid.

García (2016) establece que las aplicaciones educativas en los dispositivos móviles “permiten mejorar los procesos de construcción de conocimiento en otros escenarios educativos, mejorando de manera significativa los desempeños individuales pero sobre todo en los colectivos de estudiantes” (p. 93). En química particularmente, existen decenas de aplicaciones enfocadas a la enseñanza de dicha área en su gran mayoría enfocadas en los conceptos básicos y temáticos fundamentales trabajadas en la educación media.

La aplicación se centra principalmente en fórmulas químicas y nomenclatura, pero permite también determinar pesos moleculares y tiene una tabla periódica para consulta de propiedades de cada elemento. En cuanto a la formulación de compuestos se refiere, éstos vienen agrupados por familias, lo que favorece que el estudiante aprenda a identificarlos fácilmente y se familiarice con la composición que los caracteriza.

La herramienta es totalmente gratuita y en su última versión es libre de publicidad. Una herramienta que favorecerá el aprendizaje al estudiante y facilitará el quehacer del docente ya que tal como dice García (2016) “con el uso de este tipo de estrategias se retan y potencian las competencias pedagógicas y cognoscitivas del docente” (p.94).



Figura 24 Interfaz principal de Quimidroid. (Google playstore, *s.f.*).

5.2 Chemistry Lab.

Si se habla de aplicaciones Android para aprender química orgánica se podría estar hablando de una herramienta muy pedagógica. Una de las temáticas más fuertes que se abordan en química orgánica son las reacciones de las diferentes familias de compuestos orgánicos, Chemistry Lab muestra de manera didáctica mecanismos de reacción a manera de juego.

La reactividad química puede abordar conceptos un poco abstractos y sobre todo si se contextualiza en términos de mecanismo de reacción en química orgánica. Protonaciones, ionizaciones, rupturas de enlace, nubes electrónicas por presencia de elementos electronegativos y muchos otros conceptos que pueden ser percibidos con dificultad por el estudiante pueden ser trabajados con el Chemistry Lab. Las tecnologías Android “están redefiniendo los escenarios de aprendizaje, permitiendo a los usuarios donde quiera que estén aprender y experimentar nuevos conceptos” (García, 2016, p.16), y Chemistry Lab es un fehaciente ejemplo de uno de estos escenarios.

La aplicación es en inglés y de descarga completamente gratuita. El contenido viene dado a manera de lecciones de forma que el estudiante que tiene acceso a ella va teniendo acceso a contenidos temáticos en gradiente de complejidad, como si tomase un curso teledirigido de química orgánica.

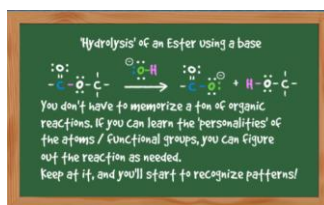


Figura 25 Interfaz de Chemistry Lab explicando la hidrólisis de un Ester (Google playstore, s.f.).

5.3 Merck PTE

Entre la gama de herramientas Android enfocadas en la enseñanza de la química las más populares son las que ofrecen una tabla periódica de los elementos para consulta rápida de propiedades. Esta es una de las propuestas de tablas periódicas, de descarga gratuita y diseñada por Merck, la compañía farmacéutica más antigua del mundo (Fuente: Google Playstore, s.f.).

La interfaz mostrada en la figura 6 permite ingresar a una *hoja de vida* de cada elemento, en ella se puede encontrar datos para saciar a los curiosos como quien los descubrió, en qué año, descripción o de dónde deriva su nombre, además de una serie de propiedades fundamentales en el estudio de la química, masa atómica, electronegatividad, puntos de fusión, ebullición, densidad entre otras. Sin contar que además se muestra una foto real de cada elemento, de manera que el estudiante va contextualizando el abstracto de un elemento químico a la realidad.

En este recorrido una aplicación Android enfocada en la tabla periódica es infaltable, y la aplicación Merck PTE (sigla que significa Periodic Table of the Elements) es útil, dinámica y versátil.

Comparación de las herramientas virtuales

En la tabla 2 se muestra un análisis comparativo entre las herramientas virtuales presentadas anteriormente. En la misma se resumen las potenciales aplicaciones de dichas herramientas en la enseñanza de la química:

Tabla 2 Comparativo de las diferentes herramientas virtuales presentadas.

Tipo de Herramienta	Herramienta Virtual	Potencial aplicación
Modelador Molecular	ChemDraw	Creación y modificación de estructuras químicas a nivel espacial. Ideal para la enseñanza de química orgánica.
	Chem 3D	Modelado tridimensional de moléculas principalmente orgánicas. Es autoría de los mismos creadores de ChemDraw
	Gabedit	Visualización general de moléculas. Permite observar moléculas biológicas de gran tamaño como el ADN.
	Gaussview	Diseño de moléculas átomo por átomo. Su diseño versátil y de fácil

		hacen de este modelador el favorito del autor.
Base de datos	NIST	Consulta de datos fisicoquímicos de miles de sustancias químicas. Requiere conexión a internet.
	Chemogenesis	Estudio de múltiples temáticas, que van desde la tabla periódica hasta reacciones químicas, enlaces, valencias, electronegatividad y conceptos de ácido-base
	NSHT FISQ	Para consulta de fichas de seguridad de miles de reactivos químicos.
	Chemical Genealogy	Estudio de la química desde un enfoque histórico. Enlaza genealógicamente los nombres de grandes científicos a través de la historia.
Simulador	PhET	Colección de minisimuladores. En él se pueden construir didácticamente átomos, estudiar las leyes de los gases, balanceo de ecuaciones y otras temáticas básicas de la química.

	Atoms, symbols and equations	Permite el trabajo en temáticas como elementos químicos, compuestos, mezclas, estructura atómica, enlaces iónicos y covalentes, enlaces energéticos y la tabla periódica.
LVQ	VlabQ	Recrea sencillos procesos de laboratorio. Tiene prácticas preestablecidas y otras más que se pueden instalar como complementos.
	Virtual Chemistry Lab	Muy similar a VlabQ pero en inglés y mucho más completa. Además de las prácticas tiene herramientas complementarias como una calculadora científica, ejercicios de laboratorio, tareas y un registro de laboratorio.
	Virtual Lab	Permite mediante prácticas preestablecidas trabajar temáticas fundamentales en la educación media como por ejemplo estequiometría, equilibrio químico, termoquímica,

<p>Aplicación Android</p>	<p>Quimidroid</p>	<p>conceptos de ácido-base, conceptos de oxidación-reducción y solubilidad.</p> <p>Trabajo en fórmulas químicas y nomenclatura, pero permite también determinar pesos moleculares y tiene una tabla periódica para consulta de propiedades de cada elemento.</p>
	<p>Chemistry Lab</p>	<p>Estudio de reacciones químicas y mecanismos de las mismas a manera de juego. Ideal para entender las reacciones orgánicas.</p>
	<p>Merck PTE</p>	<p>Tabla periódica que permite consultar múltiples propiedades de los elementos químicos. Muestra además la fotografía de cada elemento, su descubridor e incluso permite calcular pesos moleculares.</p>

Discusión

Se han encontrado diversidad de herramientas virtuales enfocadas en la enseñanza de la química, muchas de ellas abordan temáticas trabajadas durante el ciclo de educación media e incluso coinciden con los estándares establecidos por el Ministerio de Educación Nacional (MEN). Recordando las palabras de Tejada, Villabona y Chicangada (2015, p.145) “se hace necesario complementar lo teórico con didácticas apropiadas, acordes con el tema específico a enseñar”, por tanto, éstas herramientas resultan para el docente buenas alternativas en la eterna búsqueda por despertar el interés de los estudiantes por el aprendizaje de la química. Teniendo en cuenta que se aprende más y mucho mejor haciendo, el estudiante al entrar en contacto con estas herramientas garantiza una participación más activa en el proceso enseñanza-aprendizaje e irá construyéndose de esta forma un aprendizaje significativo. Además, Daza *et al* (2009) señala que las teorías constructivistas “atribuyen al alumno un papel activo en la adquisición del conocimiento” (p. 323), y estas herramientas virtuales, involucran de forma directa al estudiante con el mismo, ya que genera un espacio de exploración constante que capta la atención del individuo y crea un nuevo alfabetismo científico (Cruzat, 2017).

Cruzat (2017) resalta que las TIC además de proporcionar a los estudiantes una oportunidad potenciar el aprendizaje de la química, “les proporciona la oportunidad de desarrollar habilidades demandadas por la sociedad como son la cooperación, la búsqueda e interpretación de la información, el razonamiento crítico o el aprendizaje sobre la tecnología”. Por tanto, el valor de la compilación realizada radica en que engloba diversos recursos TIC enfocados en enseñar química sugiriendo su uso adecuado y que además poseen una serie de características que las hacen ideales para el quehacer pedagógico, como

por ejemplo la versatilidad, el carácter didáctico, la innovación tecnológica implícita en ellas, la simplicidad en su funcionamiento y manipulación, la accesibilidad y los pocos requisitos de sistema que exigen. Se pueden llevar por ende con facilidad a las aulas de clase de centros educativos urbanos o rurales de forma indistinta.

Tras el análisis bibliográfico se encuentra que la categorización de las herramientas virtuales se puede llevar a cabo de manera adecuada si se engloban estas herramientas virtuales en cinco grandes familias: modeladores moleculares, bases de datos, simuladores, LVQ y aplicaciones Android. Cabe destacar, que para cada categoría se incluyen herramientas virtuales de uso libre y/o licencia gratuita, pero que además de las enunciadas existen muchas más que el docente podría emplear como recurso didáctico.

Ramírez (2017), resalta el hecho de que enseñar química en la educación media “exige la implementación de estrategias pertinentes a consolidar el aprendizaje significativo en todos aquellos que conforman el campo de estudio de la química”, las herramientas presentadas a lo largo de la monografía, por ser herramientas TIC, se convierten en una estrategia pertinente para el fin de la enseñanza, no sólo por las bondades didácticas ya mencionadas con anterioridad sino porque envuelven al estudiante en el manejo de mecanismos tecnológicos fundamentales para ser competentes en el mundo moderno. La principal fortaleza de las herramientas TIC radica fundamentalmente en la didáctica que aporta en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

Para resaltar las bondades de estas herramientas, Santoyo (2012, p. 15) menciona respecto a una de las categorías establecidas -los modeladores – que “permiten representar y validar por medio de un modelo material el cual debería ser diseñado por el mismo sujeto, y son estos últimos los que se colocan a prueba con hechos reales para verificar su validez”,

y Gaussview, por citar un ejemplo, por medio de las representaciones tridimensionales de las moléculas orgánicas valida el conocimiento que el estudiante adquiere en la fundamentación teórica y lo acerca mejor a la complejidad del mundo microscópico. De la misma forma, cada herramienta enlistada contribuye desde el alcance de sus potencialidades a afianzar el proceso de enseñanza de la química.

Las herramientas virtuales además son un elemento esenciales en la didáctica de la ciencia, Ipuz y Parga (2014, p.79) recalcan que la didáctica de la ciencia “proporciona alternativas frente a los problemas que desde la enseñanza de las ciencias se presentan y que contribuye al desarrollo de la educación científica, identificando dificultades en los estudiantes y docentes”. Las herramientas presentadas proporcionan un impulso para hacer frente a los problemas que plantea la enseñanza, ya que abordan con puntualidad temáticas fundamentales en la enseñanza de la química en la educación media. En la enseñanza de la ciencia el reto es acercar al estudiante al entendimiento de un fenómeno natural sin que este se quede en cierta cantidad de ideas superfluas. La experimentación es inherente a las ciencias exactas y las herramientas virtuales permiten por medio de simulaciones acercar al estudiante a dicha experimentación sin la necesidad de ir a un laboratorio.

Esta compilación debe servir de herramienta para que cualquier docente de química de la educación media conozca las herramientas virtuales que pueden ser aplicadas a sus clases y fortalezca de esta manera su quehacer pedagógico permitiendo en el proceso, transversalizar la química con otras áreas del conocimiento y lograr la integralidad del aprendizaje. De forma independiente a la familia a la cual pertenezca la herramienta virtual y de cual se trate, empleada como recurso didáctico contribuye significativamente al proceso de enseñanza de la química y acerca al estudiante a afianzar mejor aquellos

conceptos que en ciencia le pueden resultar particularmente dificultosos de asimilar, formando en el camino, individuos con pensamiento crítico, racional y científico.

Conclusiones

Se ha recopilado información de múltiples herramientas virtuales ideales para fortalecer la enseñanza de la química en la educación media, de las cuales se han establecido cinco categorías para su clasificación, estas son: modeladores moleculares, bases de datos, simuladores, laboratorios virtuales de química (LVQ) y aplicaciones Android. Cada una de estas herramientas, potencian el proceso de enseñanza de la química, ya que como herramientas TIC, son un eje fundamental de la didáctica de la ciencia, además, son versátiles, tienen plataformas muy dinámicas y fáciles de manejar, son de uso libre y/o licencia gratuita y aunque algunas se encuentran únicamente en inglés su uso es sencillo y su funcionamiento llamativo para los estudiantes. Se debe resaltar igualmente que son herramientas virtuales livianas y que exigen poco requisitos de sistema, por lo que es muy fácilmente accesible el llevarlas al aula de clase y emplearlas como complemento pedagógico.

Se alcanza por medio de este compilado los objetivos planteados, ya que no sólo se establece un listado completo y versátil, sino que además las diversas herramientas virtuales para la enseñanza de la química que se han presentado son herramientas pedagógicas que enriquecen la didáctica de la enseñanza de la química y contribuyen a la construcción de un aprendizaje afianzado y por supuesto significativo. Abarcan una serie de temáticas que son fundamentales en la educación media y que se enmarcan además en los estándares curriculares establecidos por el Ministerio de Educación Nacional para ciencias naturales, específicamente para la asignatura de química, como por ejemplo estequiometría, el enlace químico, la teoría atómica entre otros.

Entre las principales fortalezas de las herramientas presentadas tenemos su carácter didáctico y el potencial para acercar al estudiante a familiarizarse más fácilmente con conceptos químicos que teóricamente pueden ser complejos de asimilar y fundamental. Se debe resaltar además, que se tratan de recursos TIC y que éstos son vitales para el desarrollo académico integral del estudiante de hoy en día y acercan al mismo, a la construcción de un pensamiento crítico, creativo, racional y científico.

Varias de las herramientas incluidas han sido diseñadas por universidades en institutos de investigación de reconocimiento mundial (como la universidad de Illinois o la Universidad de Colorado Boulder por ejemplo), lo que les proporciona un sello de garantía y establece una conexión entre el estudiante e instituciones de vanguardia en la divulgación del conocimiento científico. En instituciones educativas que carezcan de laboratorio en su infraestructura resultan ser herramientas llamadas a remplazar el trabajo experimental, ya que con su uso se puede dar entendimiento a leyes y teorías científicas.

Este conjunto de herramientas virtuales fortalecen el proceso de enseñanza de la química involucrando más a los estudiantes en el mismo mediante un ambiente intuitivo y similar a un juego, en donde aprenden explorando y descubriendo, y lo que da mayor importancia, es que puede seguir fortaleciéndose constantemente debido al auge y desarrollo continuo de las TIC, ya sea con nuevas herramientas que surjan en el mercado o incluyendo herramientas virtuales de licencia paga. Así mismo podrían establecerse nuevas categorías o familias para clasificar las herramientas virtuales para la enseñanza de la química y complementar este compilado con más herramientas que abarquen temáticas diferentes.

Recomendaciones

Se recomienda ahondar mucho más la revisión de herramientas virtuales, ya sea incluyendo más herramientas que puedan traer un aporte significativo para la enseñanza de la química e incluso incluyendo una nueva categoría para herramientas especializadas en un tópico en específico.

De la misma manera se podría establecer una subdivisión de las herramientas clasificándolas por temáticas a trabajar, por idioma de su interfaz o por complejidad.

Este documento se ha enfocado en herramientas de uso libre y/o licencia gratuita, de manera que también se podría incluir una serie de herramientas de licencia paga, adjuntando para cada caso los costos de la misma y datos de la empresa a la cual se debe comprar la licencia.

Referencias

- Asociación Nacional de Químicos Españoles, ANQUE, (2005). “La enseñanza de la física y la química”. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(1), 101-106.
- Atoms, symbols and equations (*s.f.*). Recuperado de: <https://atoms-symbols-and-equations.soft112.com/>.
- Caamaño, A. (2001). “Enseñar química mediante la contextualización, la indagación y la modelización”. *Revista Alambique*, 69, 21-34.
- Camargo, A. (2014). “Estrategia didáctica para la enseñanza de la química orgánica utilizando cajas didácticas con modelos moleculares para estudiantes de media vocacional”. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. Bogotá, Colombia.
- Cataldi, Z., Chiarenza, D., Dominighini, C., Donnamaría, C., y Lage, F. (2010). “TIC en la enseñanza de la química. Propuesta para selección del Laboratorio Virtual de Química (LVQ)”. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Buenos Aires. Argentina.
- Cataldi, Z. *et al* (2011). “Clasificación de Laboratorios Virtuales de Química y Propuesta de Evaluación Heurística”. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Buenos Aires. Argentina.
- Cataldi, Z. y Lage, F. (2012). “TIC en Educación: Nuevas herramientas y nuevos paradigmas. Entornos de Aprendizaje Personalizados en dispositivos móviles”.

Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.

Chemcollective (*s.f.*). “VIRTUAL LAB: Acid Dilution Problem”. Recuperado de:
<http://chemcollective.org/activities/vlab/3>.

Chemdraw Ultra (2017). CambridgeSoft Corporation.

Chiarenza, D. (2011). “Las TIC en la enseñanza de la Química: Laboratorios Virtuales”.
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.

Colombia Aprende (*s.f.*). “Laboratorio virtual de química, ficha técnica”. Recuperado de:
<http://www.colombiaaprende.edu.co/html/mediateca/1607/article-73438.html>.

Cruzat, R. (*s.f.*). “¿Qué relevancia tiene para el aprendizaje el uso de las TIC en la enseñanza de la Química?” Colegio Arauco, Arauco, Chile. Recuperado de:
<https://educrea.cl/que-relevancia-tiene-para-el-aprendizaje-el-uso-de-las-tics-en-la-ensenanza-de-la-quimica/>.

Daza, E., Gras-Martí, A., Gras-Velázquez, A., Guerrero, N., Gurrola, A., Joyce, A., Mora, E.,...Santos, J. (2009). “Experiencias de enseñanza de la química con el apoyo de las TIC”. Grupo GECOS, UPTC, Tunja, Colombia.

Fernández, R. (2014) “Uso de los modelos moleculares en la enseñanza de química orgánica en bachillerato: hibridación”. Universidad de Valladolid, Máster en Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas. Valladolid, España.

- Furió, C. (2006). “La motivación de los estudiantes y la enseñanza de la Química. Una cuestión controvertida”. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Valencia, España.
- Galagovsky, R. (2007). “Enseñar química vs. Aprender química: una ecuación que no está balanceada”. Química Viva, 6.
- Gallardo Gil, M. *et al* (2010). “PISA y la competencia científica: un análisis de las pruebas de pisa en el área de ciencias”. Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa RELIEVE, 16(2), 1-17.
- García, A. (2016). “Los dispositivos móviles como estrategia complementaria para la enseñanza y aprendizaje de la nomenclatura química inorgánica”. Universidad Nacional de Colombia facultad de ciencias exactas y naturales maestría en enseñanza de las ciencias exactas y naturales. Manizales, Colombia.
- Gil, M. (1994). “La base de datos. Importancia y aplicación en educación”. Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación, Distrito Federal, México.
- Google playstore (*s.f.*). “Chemistry Lab”. Recuperado de:
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.electrolyticearth.chemistrylab>.
- Google playstore (*s.f.*). “Merck PTE”. Recuperado de:
https://play.google.com/store/apps/details?id=de.merck.pte&hl=es_419.
- Google playstore (*s.f.*). “Quimidroid, química inorgánica”. Recuperado de:
https://play.google.com/store/apps/details?id=com.bfsmartcreative.quimidroid&hl=es_419.

- Guerra, M. (2006). “La profesión licenciatura en química y la evaluación en una asignatura de la disciplina química orgánica: una relación indisoluble”. *Revista Cubana de Química*, 18(2), 114-119.
- Henao, C. (1996). “Las bases de datos como herramienta didáctica”. *Informática Educativa*, Uniandes, 9(3).
- Hernández, Y (2015). “APPS de Química para tu dispositivo Móvil”. *Revista de Química PUCP*, 29(1).
- Instituto Nacional de Seguridad para la Higiene y el Trabajo de España, INSHT (*s.f.*).
Recuperado de: <http://www.insht.es/portal/site/Insht/>.
- Ipuz, M. y Parga, D. (2014). “Dificultades de enseñanza-aprendizaje y su relación con las actitudes hacia la química”. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED*. Universidad Pedagógica Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Jacobo, M. (2014). “El aprendizaje de la química con las TIC”. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación. Buenos Aires, Argentina.
- Jara, R. (2012). “Modelos didácticos de profesores de Química en formación inicial. Un modelo de intervención docente para la enseñanza del enlace químico y la promoción de competencias de pensamiento científico a través de las narrativas”. Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- Marín, H. (2012) “Infraestructura física, relacionada con la calidad en la educación en las instituciones oficiales de la comuna 1 del municipio de Bello”. Universidad de Medellín, Especialización en alta gerencia. Medellín, Colombia.

- Marín, M. (2010). “El trabajo experimental en la enseñanza de la química en contexto de resolución de problemas”. Asociación Colombiana para la investigación en Educación en Ciencias y Tecnología EDUCyT. Revista EDUCyT, 1.
- Martínez, L. (2013). “Cómo buscar y usar información científica”. Universidad de Cantabria. Santander, España.
- Mesa, J. (2016). “En Colombia publican artículos científicos que pocos citan”. Diario el Espectador. Recuperado de:
<https://www.elespectador.com/noticias/ciencia/colombia-publican-articulos-cientificos-pocos-citan-articulo-639115>.
- Meta-synthesis (*s.f.*). “The Chemogenesis web book”. Recuperado de: http://www.meta-synthesis.com/webbook/35_pt/pt_database.php.
- Ministerio de Educación Nacional, MEN (2004). “Estándares básicos de competencias en ciencias sociales y ciencias naturales”. Recuperado de: www.mineducacion.gov.co.
- Nakamatzu, J. (2012). “Reflexiones sobre la enseñanza de la Química”. Revista En Blanco & Negro, 3(2).
- National Institute of Standards AND Technology, NIST (*s.f.*). Recuperado de:
<http://webbook.nist.gov/chemistry/name-ser/>.
- Pérez, J. (2014). “Propuesta didáctica para la enseñanza de las interacciones moleculares en la educación media”. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Medellín, Colombia.
- Pérez-Matos, R. (2015). “Una forma diferente de enseñar la Química Inorgánica”. Revista Cubana de Química. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba.

- PhET interactive simulations (*s.f.*). Recuperado de: <https://phet.colorado.edu/es/>.
- Programas Gratis (*s.f.*). “Descargar VLabQ : Laboratorio Virtual Química”. Recuperado de: <https://vlabq-laboratorio-virtual-quimica.programas-gratis.net/>.
- Protein Data Bank, PDB. (*s.f.*). Recuperado de: <https://www.rcsb.org/pdb/home/home.do>.
- Pulido, F. y Barbero, A. (2015). “ChemDraw” para alumnos de iniciación a la Química Orgánica: Una útil herramienta docente para el dibujo de moléculas, nomenclatura, cálculo de fórmulas, simulación de espectros y el diseño espacial de estructuras tridimensionales (Química IV, 1º Grado en Química)”. Departamento de Química Orgánica, Área de Química Orgánica, Facultad de Ciencias. Universidad de Valladolid. Valladolid, España.
- Ramirez, G. (2017). “Aprendamos química en ambientes virtuales”. Institución Educativa, la inmaculada Concepción. Guarne, Colombia.
- Raviolo, A. (2010). “Simulaciones en la enseñanza de la química”. Universidad Nacional del Comahue. Bariloche, Argentina.
- Red Latinoamericana de Química, RELAQ (*s.f.*). “Software: Editores de Moléculas”. Recuperado de: <http://www.relaq.mx/RLQ/edmol.html>.
- Rodiño, C. (2014). “Utilización de las tics como estrategia didáctica para facilitar el proceso de enseñanza aprendizaje de la química en el grado décimo de la escuela normal superior de Monterrey, Casanare”. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Escuela ciencias de la educación ECEDU, programa de especialización en pedagogía para el desarrollo del aprendizaje autónomo. Yopal, Colombia.
- Santoyo, S. (2012). “Uso de los modelos moleculares como herramienta didáctica para la comprensión de la relación existente entre estructura y propiedades de los

compuestos”. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Bogotá, Colombia.

Tejada, C.; Chicangana, C., y Villabona, A. (2013). “Enseñanza de la química basada en la formación por etapas de acciones mentales (caso enseñanza del concepto de valencia)”. *Revista Virtual, Universidad Católica del Norte*, 38.

Universidad Nacional del Litoral (s.f). “Visualización y Modelado Molecular”. Recuperado de: <http://www.fiq.unl.edu.ar/modeladomolecular/?q=node/13>.

Vallejo, W. (2017). “Relaciones explicativas entre los niveles de representación macroscópico, microscópico y simbólico de la materia; una propuesta didáctica para la enseñanza del concepto de reacción química”. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias, Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Medellín, Colombia.