

Enseñanza de la química basada en la formación por etapas de acciones mentales (caso enseñanza del concepto de valencia)

Teaching of Chemistry Based on Training by Stages of Mental Actions (Teaching case of Valence Concept)

Enseignement de la chimie en se basant sur l'éducation par étapes d'actions mentales (cas de l'enseignement du concept de la valence)

Candelaria Tejada Tovar

Ingeniera Química
Especialista en Química Analítica
Magíster en Educación
Candidata a Magíster en Ingeniería
Docente del grupo de investigación GIPIQ, línea de investigación en tratamiento de aguas residuales industriales (metales pesados)
Docente de planta del programa de Ingeniería Química
Universidad de Cartagena, Colombia
ctejadat@unicartagena.edu.co

Cielo Chicangana Collazos

Bacterióloga
Magíster en Educación
Candidata a Magíster en Ciencias Básicas Biomédicas
Docente Universidad de San Buenaventura, sede Cartagena
de Indias cielochicangana@gmail.com

Ángel Villabona Ortiz

Ingeniero químico
Especialista en Ingeniería sanitaria y ambiental
Candidato a Magíster en ingeniería ambiental
Docente de planta del programa de Ingeniería Química
angelvillabona@yahoo.es

Recibido: octubre 26 de 2012
Evaluado: diciembre 5 de 2012
Aprobado: diciembre 6 de 2012
Tipo de artículo: revisión resultado de investigación

Contenido

1. Introducción
2. Conceptualización pedagógica de la metodología propuesta
3. Reflexiones sobre didácticas en la enseñanza de la química
4. Síntesis de la propuesta para el caso del concepto de valencia química
5. Conclusiones
6. Lista de referencias

Resumen

En la enseñanza-aprendizaje de la química, tradicionalmente se han representado problemas tanto de orden pedagógico como didáctico. Por tanto, se revisan diferentes concepciones de investigadores en el área de la educación sobre la manera que han abordado la enseñanza en ciencias. Se encuentra que algunos revisan el rol del maestro y sus formas de enseñar, otros indagan sobre las formas como los estudiantes aprenden utilizando herramientas didácticas, tales como: mapas y modelos mentales, o con el modelo tradicional. El fundamento teórico para el desarrollo de la didáctica propuesta, se encuentra en la concepción dialéctica del conocimiento y las ideas de la teoría de la actividad y la enseñanza, basada en la formación por etapas de las acciones mentales, bajo el esquema del aprendizaje subordinado. Soportada en las teorías de Teoría de Vigotsky, Leantiev, Galperin, Talizina y Ausubel. Finalmente, se propone un método para que el estudiante realice la reconciliación integradora, que le permitirá desarrollar una mayor capacidad para la asimilación significativa de conceptos relacionados con la química, de manera específica el concepto de valencia.

Palabras clave

Aprendizaje significativo, Didáctica en química, Pedagogía conceptual, Formación por etapas de acciones mentales, valencia.

Abstract

Pedagogical and didactic issues have been presented traditionally as problems related to both teaching and learning of chemistry. A review has been performed on the different approaches of researchers in the field of education and how they have addressed the teaching of science. We found that some researchers review the role of teachers and their ways of teaching, others ask about the ways students learn by using learning tools such as maps and mental models, or traditional models. The theoretical foundation for the development of the didactic proposal lies in the dialectical conception of knowledge and in the ideas of activity theory and teaching based on training by stages of mental actions, according to the scheme of subordinate learning, supported by theories of Vygotsky, Leantiev, Galperin, Talizina and Ausubel. Finally, we propose a method for students to conduct integrative reconciliation, allowing them to develop a greater capacity for significant comprehension of concepts related to chemistry, specifically those related to concept of valence.

Keywords

Significant learning, Teaching of chemistry, Conceptual pedagogy, Training by stages of mental actions, Valence.

Résumé

Dans l'enseignement et apprentissage traditionnel de la chimie, il y a eu des problèmes d'ordre pédagogique comme didactique. Par conséquent, on révisé des différentes conceptions des chercheurs du milieu de l'éducation au sujet de la manière comme ils ont affronté l'enseignement des sciences : en révisant le rôle du professeur et ses manières d'enseigner ou en recherchant sur les manières comme les étudiantes apprennent en utilisant des outils didactiques, comme : cartes et modèles mentales ou avec le modèle traditionnel. Le fondement théorique pour le développement de la didactique propose, est trouvé dans la conception dialectique de la connaissance et dans les idées de la théorie de l'activité et l'enseignement, d'après le schéma d'apprentissage subordonnée. Supporté dans les théories de Vigotsky, Leantiev, Galperin, Talizina et Ausubel. Finalement, on propose une méthode pour que l'étudiante réalise la réconciliation intégratrice, qui le permet de développer une capacité plus grande pour une assimilation significative des concepts liés à la chimie, de manière spécifique le concept de la valence.

Mots-clés

Apprentissage significatif, didactique en chimie, pédagogie conceptuelle, éducation par étapes d'actions mentales, la valence.

1. Introducción

La Química es la ciencia que estudia la estructura de la materia y sus reacciones, ciencia que resulta de difícil explicación porque con ella se pretenden comprender fenómenos macroscópicos incursionando en explicaciones submicroscópicas (Sánchez, 2004). Según Izquierdo (2004) se considera (en general) que la Química es difícil ya que es al mismo tiempo una ciencia muy concreta (se refiere a una gran diversidad de sustancias) y abstracta (se fundamenta en unos ‘átomos’ a los que no se tiene acceso), y porque la relación entre los cambios que se observan y las explicaciones no es evidente, ya que se habla de los cambios químicos con un lenguaje simbólico que es muy distinto del que conocen, viven y utilizan los estudiantes al transformar los materiales en la vida cotidiana. En realidad el problema de la química es que sus modelos teóricos no son tan fáciles de entender. (Giere, 1988).

De otra parte, estudios han encontrado que para los estudiantes el mundo de los átomos, moléculas, redes iónicas, etcétera, es el mismo mundo macroscópico de los materiales y de las sustancias pero en diminuto. No comprenden que hay distintos niveles de descripción de la materia en íntima relación: a nivel microscópico de las sustancias con sus propiedades y cambios, y por otra parte, el nivel microscópico de aquellas mismas sustancias que la química modela a base de átomos, iones o moléculas. (Furi & Furio, 2003).

En este mismo sentido la comprensión de conceptos fundamentales relacionados con la estructura del átomo y el enlace químico, son indispensables para entender diversos fenómenos y procesos físicos, químicos y biológicos como: fusión y fisión nuclear, reacciones químicas y fotosíntesis. Pauling (1992) expresó que “el concepto de enlace químico es el concepto más valioso de la Química...”, sin embargo, representan un serio problema para numerosos alumnos, aún entre graduados en biología, física y química, pese a que la estructura atómica es un tema central en la mayoría de los currículos de ciencias, desde el nivel elemental hasta el nivel superior. (Gabel, 1993).

En la enseñanza–aprendizaje de la química cualquiera que sea su especialidad, (orgánica, inorgánica, analítica) siempre se han presentado problemas, tanto de orden pedagógico como didáctico en el sistema educativo, pues no se había aplicado una metodología que permitiera a los alumnos construir una imagen mental de manera sencilla, ordenada y segura para comprender y asimilar conceptos relevantes en ésta área de las ciencias. No obstante es necesario enfrentarlo, lo que implica no solamente un despliegue de racionalidad y experticia en la temática a nivel teórico sino también en el campo experimental (Ríos, Jaramillo, Gómez & Mesa, 2005). Si bien es importante lo expresado anteriormente, se hace necesario complementar lo teórico con didácticas apropiadas, acordes con el tema específico a enseñar.

Existen diversas razones para explicar la dificultad de los alumnos para la comprensión de conceptos importantes en el proceso de aprendizaje de la química. Por ejemplo: las ideas preexistentes, incompletas o incorrectas sobre la estructura de los átomos y del enlace químico con que ingresan los estudiantes a estudiar su carrera profesional, los alumnos no tienen concepciones basadas en evidencia cotidiana, siendo para ellos conceptos abstractos que requieren de una habilidad de razonamiento formal y en los niveles macroscópico, atómico-molecular y simbólico, lo cual no es fácil para ellos. (Del Pozo, 2001; Alvarado, 2000).

Por revisiones previas realizadas a algunos textos para la enseñanza de la química, se pudo detectar que específicamente el concepto de valencia se les presenta a los estudiantes en forma desarticulada y también como algo acabado, situación que se replica en la forma como se aborda el mencionado concepto a nivel curricular en los diferentes cursos. En el caso de los textos, amerita especial atención, ya que denota la necesidad de reescribir textos de química, donde se puedan incluir aportes como la reconceptualización del

concepto de valencia, un aspecto muy importante, ya que estos son medios para la socialización masiva de conceptos.

2. Conceptualización pedagógica de la metodología propuesta

El fundamento teórico para el desarrollo de la didáctica se encuentra en la concepción materialista dialéctica del conocimiento y las ideas que sostiene el enfoque histórico cultural, la teoría de la actividad y de la enseñanza basada en la teoría de la formación por etapas de las acciones mentales. Sus principales exponentes son: Vigotsky y sus colaboradores, Leontiev, Galperin y colaboradores. Así mismo la didáctica también está soportada en la teoría del aprendizaje significativo de David Ausubel y la propuesta de pedagogía conceptual de Miguel de Zubiría.

2.1. Elementos de la Teoría de Vigotsky

Vigotsky estableció las bases del principio de la unidad de la actividad externa de la psiquis y del enfoque de la psiquis del hombre como social por su naturaleza. Para este autor los fenómenos psíquicos en su origen tienen un carácter interpsicológico, es decir, surgen primero en el plano social, en la interacción de unos individuos con otros, y sólo después adquieren su carácter interno, intrapsicológico, mediante un proceso de interiorización de lo vivido socialmente. (Vigotsky, 1988).

Respecto a la construcción de conocimiento, Vigotsky consideró que los niños construyen paso a paso su conocimiento del mundo, y que al hacerlo no son seres pasivos que simplemente “reciben” las ideas que provienen del exterior, sino que por el contrario, las analizan y “revisan”. Para Vigotsky, el aprendizaje es mucho más que un “espejo” que refleja el mundo visto; antes bien, siempre involucra a seres humanos que crean sus propias representaciones acerca de la nueva información que reciben. (García, 2003; Klingler & Vadillo, 2001).

Para Vigotsky, el aprendizaje es la resultante compleja de la confluencia de factores sociales, como la interacción comunicativa con pares y adultos, compartida en un momento histórico y con determinantes culturales particulares. La construcción, resultado de una experiencia de aprendizaje no se transmite de una persona a otra, de manera mecánica como si fuera un objeto, sino mediante operaciones mentales que se suceden durante la interacción del sujeto con el mundo material y social. En esta interacción el conocimiento se construye primero por fuera, es decir, en la relación interpsicológica, cuando se recibe la influencia de la cultura reflejada en toda la producción material (las herramientas, los desarrollos científicos y tecnológicos) o simbólica (el lenguaje, con los signos y símbolos), y en segundo lugar de manera intrapsicológica, cuando se transforman las funciones psicológicas superiores, es decir, se produce la denominada internalización. (Vigotsky, 1987).

Con relación a lo anterior, se puede decir que en el caso estudiado el aprendizaje del concepto de valencia en química, es importante enmarcándola dentro de la propuesta de lo socio-histórico-cultural, dada la incidencia que tiene tanto la relación interpsicológica, como la intrapsicológica, pues la primera está muy ligada al desarrollo de la didáctica, considerando todas las interacciones que inciden tanto las que genera el docente, sus pares y el contexto social en general en donde el estudiante se desarrolla culturalmente, todo esto, es determinante en la forma como pueda influir la didáctica desarrollada en estos. Igualmente la relación intrapsicológica, es determinante, pues interesa la forma como realiza internalización del concepto de valencia, teniendo en cuenta que lo que se pretende es lograr el aprendizaje significativo del mismo.

La interpretación que da Vigotsky a la relación entre desarrollo y aprendizaje permite evidenciar la raíz social que le atribuye al conocimiento humano y el gran aporte que ha recibido la educación con su teoría

sobre la “zona de desarrollo próximo” o ZDP, la cual se concibe como “...la distancia entre el nivel real de desarrollo potencial, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema y el nivel de desarrollo potencial, determinado a través de la resolución de un problema bajo la guía de un adulto o en colaboración con un par más capacitado”. Vigotsky destacaba que lo que los niños pueden realizar en colaboración o con ayuda hoy, lo podrán realizar independiente y con eficiencia mañana. (Vigotsky, 1982; Moll, 1990).

2.2 Elementos de la Teoría de Leontiev

En este mismo sentido Leontiev sostiene que las funciones psicológicas culturales, y por tanto humanas, son fenómenos históricos; “La historia del dominio de un hombre sobre la regulación de la conducta de otro hombre reproduce en muchos aspectos su dominio sobre los instrumentos. Supone, en la estructura de la conducta, una modificación que transforma a la conducta dirigida a un fin en una conducta cíclicamente orientada (Leontiev, 1930, p. 59)”, citado en (Moll, 1990).

Leontiev señala que para interpretar la psiquis se debe partir de la actividad que relaciona al sujeto con el mundo y de su interpretación; considera como actividad lo que une al organismo con la realidad circundante que determina el desarrollo de la conciencia y de las funciones psíquicas. Para este autor, una característica fundamental de toda actividad es su objetividad. El objeto de la actividad aparece primero como independiente del sujeto y posteriormente como su imagen psíquica del objeto; como producto de la detección de sus cualidades que realiza el sujeto a través de su actividad. (Leontiev, 1978).

Leontiev y sus colaboradores, desarrollaron el sentido personal el cual definen como la relación entre motivo y objetivo; con base en esta nueva noción se definieron otras como: actividad, acción y operación. La actividad es denominada como aquel proceso en el cual el objetivo y el motivo se hallan en correspondencia. La acción se caracteriza como el resultado que alcanza un fin intermedio, pero que no corresponde al motivo final. Operación se llamó aquella parte automatizada y dependiente de la acción y cuyo resultado no constituye ni siquiera un objetivo aislado. (Galperin, 1976).

2.3 Elementos de la Teoría de Galperín

Petr Yakovlevich Galperin, psicólogo ruso, fue un continuador de la línea investigativa de Vigotsky. Fundador de una nueva escuela gracias a la creación de un nuevo método de estudio de la génesis de los procesos cognoscitivos en el niño. Este método conocido como la Teoría de la Formación por Etapas de las Acciones Mentales, contribuyó al desarrollo de la Teoría de la Actividad, al describir el paso de la actividad externa hacia la actividad interna en la psiquis del hombre, y la aplicó de manera novedosa al proceso de aprendizaje. Esta teoría fue aplicada y enriquecida fundamentalmente en la enseñanza por Nina F. Talizina y sus colaboradores. (Galperin, 1976).

En el camino de formación de la acción interna sobre la base de la externa, Galperin (1983) plantea que para lograr esto, el sujeto transita por determinados momentos de la actividad conformada por la Orientación y la Ejecución en el proceso de asimilación, además Galperin desarrolla el principio acerca del papel primario que tienen las acciones externas en el surgimiento y formación de las acciones internas. Su teoría de la formación por etapas de las acciones mentales, considera que el proceso de formación de una acción mental comienza con las acciones objetales que el individuo realiza con el apoyo de objetos externos o su representación material para pasar luego por una serie de etapas hasta convertirse en acción que se realiza en el plano mental. (Galperin et al, 1978).

A manera de síntesis, la teoría de la actividad de Vigotsky analizada por Galperin explica el paso de la actividad externa a la actividad interna en la mente del hombre, aplicada de manera novedosa en el proceso de aprendizaje, lo que le permitió a Galperin elaborar la teoría de la formación por etapas de las acciones mentales, quien plantea que para lograr esto, el sujeto debe pasar por determinados momentos de la

actividad, conformada por la orientación y la ejecución en el proceso de asimilación. La orientación se refiere a tareas del profesor en las que se distingue: la etapa motivacional y la formación de la base orientadora de la nueva acción. La ejecución se refiere esencialmente al alumno y en ella se distinguen: la etapa material, la formación lingüística o etapa verbal y la formación de la acción como un acto mental.

Las diferentes etapas de los momentos funcionales de la actividad son: la primera etapa que debe mantenerse a lo largo de toda la actividad de estudio es la motivación, aunque pueden existir motivaciones externas, el aprendizaje se ve influenciado positivamente cuando aflora la motivación interna en el individuo. En esta etapa es importante que las tareas, situaciones o problemas que se le plantean al estudiante tengan determinado grado de complejidad, es decir que el estudiante pueda solucionarlos con los conocimientos que posea y que sienta la necesidad de apropiarse nuevos conocimientos. La segunda etapa es el establecimiento de la base orientadora de la acción, en esta etapa el alumno obtiene conocimientos sobre el objeto de estudio y sobre la actividad que se va a realizar, de las acciones y las operaciones que la componen, y del orden en que se van a realizar. La tercera etapa es cuando la acción tiene lugar, bien sea en el plano material o materializado; en esta etapa el alumno resuelve las tareas realizando la actividad en forma externa, con el apoyo de la forma material o materializada del objeto y con el acompañamiento del docente.

En la cuarta etapa la acción pasa al plano del lenguaje verbal externo y por eso se le denomina etapa verbal. Aquí los elementos de la actividad, deben presentarse en forma oral o escrita. Por último, la quinta etapa es la realización de la acción en el plano mental, en la cual inicialmente se realiza en forma lenta, pero después la actividad se automatiza y se realiza en forma rápida para convertirse en una actividad de pensamiento. En esta etapa se le deben dar al estudiante tareas de mayor complejidad que exijan soluciones creativas.

2.4 Elementos de la Teoría de Talizina

Talizina, una de las colaboradoras de Galperin, señala entre los principios la ilustratividad que tiene que ver con la percepción. No puede haber aprendizaje sin percepción de las significaciones que emiten los signos que componen los mensajes. Una buena percepción visual debe ser lograda, pero esto no es suficiente para comprender la lógica del nuevo objeto, hay que realizar la acción de forma externa por lo que en etapa posterior este principio es sustituido por el de materialización. (Talizina, 1977).

La materialización está dada por el hecho de que los objetos de la acción en el original son inaccesibles o salen fuera del conocimiento sensorial, entonces, se utiliza una representación de los objetos y una representación de las acciones que se realizan con ellas. En tales representaciones se reproducen exactamente las propiedades esenciales del objeto de asimilación. El principio del carácter consciente de la enseñanza comienza a realizarse en la unidad de lo ilustrativo y lo verbal y después se desarrolla a nivel verbal, pero primero verbal-externo. Un requisito más para esta acción es también argumentar todo el proceso. (Talizina, 1998).

2.5 Elementos de la Teoría de Ausubel

La propuesta de aprendizaje significativo de David Ausubel, se presenta en oposición al aprendizaje sin sentido, aprendido de memoria o mecánicamente. Ausubel sostiene que la persona que aprende recibe información y la vincula a la información y acontecimientos previamente adquiridos y, de esta forma, da a la nueva información, así como a la información antigua, un significado especial. Afirma que la rapidez y meticulosidad con que una persona aprende depende básicamente de dos factores: el primero es el grado de relación existente entre los conocimientos anteriores y el material nuevo; el segundo es la naturaleza de la relación que se establece entre la información nueva y la antigua.

En cuanto a las formas de aprendizaje, la teoría Ausubeliana posibilita distinguir entre los tipos de aprendizaje y las formas o métodos de enseñanza. Por un lado, el aprendizaje puede ser repetitivo o memorístico, y significativo, éste último a su vez puede ser receptivo, subordinado, supraordenado y combinatorio dependiendo de si lo aprendido se relaciona en forma arbitraria o sustancial con la estructura cognoscitiva. (Romero, Rodríguez & Ramírez, 2003).

Para Ausubel la estructura cognitiva consiste en un conjunto organizado de ideas que preexisten al nuevo aprendizaje que se quiere instaurar. Los nuevos aprendizajes se establecen por subsunción. Esta forma de aprendizaje se refiere a una estrategia en la cual, a partir de aprendizajes anteriores ya establecidos, se puede incluir nuevos conocimientos que sean específicos o subordinables a los anteriores. (Romero, Rodríguez & Ramírez, 2003).

Desde el punto de vista didáctico, el papel del docente es el de identificar los conceptos básicos de una disciplina dada, organizarlos y jerarquizarlos para que desempeñen su papel de organizadores avanzados. Es por ello que los aspectos de la teoría de Ausubel que aquí se resaltan son fundamentales, pues el principal interés es implementar una didáctica que permita desarrollar el concepto valencia en química de manera significativa.

Dado que en el aprendizaje significativo los conocimientos nuevos deben relacionarse sustancialmente con lo que el alumno ya sabe, es necesario que se presenten de manera simultánea, por lo menos, las siguientes condiciones:

1. El contenido que se ha de aprender debe tener sentido lógico, es decir, ser potencialmente significativo, por su organización y estructuración.
2. El contenido debe articularse con sentido psicológico en la estructura cognitiva del aprendiz, mediante su anclaje en los conceptos previos.
3. El estudiante debe tener deseos de aprender, voluntad de saber, es decir, que su actitud sea positiva hacia el aprendizaje.

3. Reflexiones sobre didácticas en la enseñanza de la química

La asociación nacional de químicos españoles (2005), manifiestan en su estudio sobre la enseñanza de la química y la física que, la finalidad de la enseñanza es preparar al alumnado para una adecuada inserción en la sociedad a través de los contenidos que forman parte de las diferentes materias que componen el currículo escolar. Estos contenidos deben ir destinados a adquirir conocimientos y a desarrollar actitudes y hábitos que garanticen una adecuada inserción.

Por las condiciones en las que se desarrolla la educación en Colombia es pertinente tener en cuenta las conclusiones expresadas anteriormente, pues es inminente la necesidad de implementar métodos innovadores en la enseñanza de las ciencias que nos acerquen cada vez más al perfil de las futuras generaciones de profesionales que liderarán el desarrollo científico, tecnológico, social y de innovación (CTS+I) en Colombia.

El proveer a los estudiantes de un fuerte entendimiento de las ciencias implica más que darles un cuerpo de contenido, se necesita motivar a los estudiantes a hacer preguntas y a responder sus propias preguntas, a evaluar y usar evidencia, a relacionar perspectivas históricas con condiciones corrientes, y a conectar a la evidencia científica con las perspectivas sociales y políticas. La educación a base de temas de importancia provee un vehículo excelente para alcanzar estas metas. Normalmente los docentes se basan fuertemente en el método de presentación del tipo dictado en clase. Sin embargo, si se está verdaderamente comprometido con los objetivos del aprendizaje de la ciencia, se necesita también incorporar estrategias que enseñen habilidades de pensar a altos niveles. (Lewis, 2003).

Después de haber presentado un enfoque y algunas reflexiones de la problemática de la enseñanza en ciencias en forma general, es pertinente revisar en forma más específica algunas reflexiones sobre la enseñanza de la disciplina química.

Martín, de Rojas y Sánchez, (2004), manifiestan que es importante en la enseñanza tener en cuenta que ningún medio, método, o técnica es la panacea, por eso se debe buscar un equilibrio en la utilización de todas las posibilidades, pensando que siempre que se abuse de una de ellas se está perdiendo todo lo bueno y positivo que tienen las demás y se está inclinando el péndulo hacia un extremo, que puede ser tan malo como el opuesto. Lo ideal sería estar en capacidad de buscar cuál es el más adecuado en cada momento y esto solamente lo puede conseguir un profesor con una buena formación científica, lleno de entusiasmo, dispuesto a invertir horas trabajando con sus alumnos y también buscando nuevas posibilidades, acorde a los diferentes estilos y ritmos de aprendizaje que tienen los estudiantes.

Además, no basta enseñar Química, es necesario enseñar como aprenderla. Como dice Dudley (1996), citado en Martín, de Rojas y Sánchez (2004), el profesor debe: identificar y corregir las deficiencias en los procesos generales de pensamiento de los alumnos; enseñar conceptos específicos, operaciones y vocabulario que requiere el curso; desarrollar una necesidad intrínseca de pensar “preguntándose” o “investigando” y, de usar de forma espontánea el pensamiento operacional mediante la producción de esquemas cristalizados y de hábitos de formación; producir comprensión y entendimiento del propio proceso de pensar del profesor, en particular de aquellos procesos que producen éxitos o fracasos, producir una motivación intrínseca que se refuerza por el significado del currículo en un amplio contexto social y cambiar la orientación de los estudiantes, de ser receptores pasivos de lo que les dice el profesor, a ser generadores activos de conocimiento.

Según Erduran (2002) las principales dificultades se derivan del reduccionismo de la química a la física: los átomos se explican como si fueran entidades físicas; y lo mismo ocurre cuando las explicaciones utilizan electrones o enlaces. En efecto, desde un punto ontológico, si se explicara el cambio químico mediante átomos que cambian de sitio y enlaces que se redistribuyen, la química quedaría reducida a la física; en cambio, desde un punto de vista epistemológico, los átomos físicos no sirven para justificar el cambio químico, puesto que carecen de las propiedades de ‘composición’ que necesitarían para funcionar, en las explicaciones, como ‘componentes’ de las sustancias. (Scerri & Mc Intyre, 1997).

Abordando la enseñanza de las ciencias desde otra perspectiva se encuentra que: un modelo muy usado y difundido en la última década dentro de las concepciones constructivistas del aprendizaje de las ciencias ha sido el de «cambio conceptual» (Posner et al., 1982), citado en De Cudmani, Pesa y Salinas (2004). Este modelo tiene como supuesto la investigación didáctica.

Durante la década de los ochenta, la investigación educativa destinó atención preferencial a la detección e identificación de las ideas propias de los estudiantes sobre contenidos específicos. Algunos trabajos mostraron que esas ideas persistían, aún a posteriori de una instrucción basada en modelos de cambio conceptual (Engel & Driver, 1986; Shuell, 1987; White & Gunstone, 1989). Citado en De Cudmani, Pesa y Salinas (2004). Estos resultados fortalecían una hipótesis alternativa según la cual los aspectos no conceptuales tales como estrategias cognoscitivas, actitudes, valoraciones y concepciones epistemológicas, tienen influencia significativa sobre el aprendizaje de las ciencias dado que, en las últimas décadas, en la investigación educativa en ciencias, se ha considerado fructífero establecer analogías entre estos procesos de cambio científico y los modelos que interpretan los cambios que se dan en el aprendizaje de la ciencia. Modelos de aprendizaje que se basan en este tipo de analogías son coherentes con la aspiración de aproximar el aprendizaje de la ciencia al quehacer de los científicos.

También se considera importante lo propuesto por De Cudmani, Pesa y Salinas (2004): el orden implícito en la aproximación jerárquica debe dar lugar a una clase de principio nivelador que enfatiza los patrones de dependencia mutua entre estos varios niveles. Para Laudan, los objetivos y valores que definen el campo actitudinal justifican las metodologías. Estas metodologías justifican la teoría y muestran la factibilidad de los objetivos científicos. Por su parte, la teoría debe armonizar con los objetivos y restringir las metodologías eficientes. Esta dependencia mutua posibilita que los cambios puedan iniciarse en cualquiera de los niveles y extenderse a los otros. En particular, es posible que los científicos puedan alterar compromisos teóricos sin modificar compromisos metodológicos y axiológicos desarrollados desde una estructura previa. En la investigación educativa en ciencias, estas aportaciones de Laudan convergen con otras que vienen insistiendo sobre la necesidad de integrar contenidos, métodos, objetivos y valoraciones, a fin de favorecer aprendizajes más significativos (De cudmani, Pesa & Salinas, 2004).

Para Correa, Zayas, Vidal y Delgado, (2004), el Aprendizaje Basado en Problemas es un acercamiento al proceso educacional de aprendizaje en el cual los estudiantes enfrentan problemas en grupos pequeños. El problema y la discusión acerca del mismo activan supuestamente el conocimiento previo más importante, y cuando el estudiante consulta la literatura, y el grupo se reúne de nuevo, los estudiantes tratan de enfrentar una vez más el problema con el objetivo de entender todos los aspectos del mismo. Si esto no resulta suficiente se puede proponer una segunda ronda.

Indudablemente al revisar las diferentes investigaciones que se han adelantado en torno a la problemática de la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia, se encuentra una gran variedad de artículos que abordan el tema desde la perspectiva del análisis de los procesos mentales que se representan en el ser humano al momento de aprehender conocimientos, es por ello que se encuentran estudios referentes a modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

Desafortunadamente, en la práctica, la relación entre modelos conceptuales y modelos mentales no es directa y simple, como se podría pensar, y eso tiene relevantes implicaciones para la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Físicas y Naturales, así como para la investigación en enseñanza y en aprendizaje de las ciencias.

Desde las investigaciones en Didáctica de las Ciencias, los resultados de un número expresivo de estudios sobre prácticas instruccionales para lograr que los alumnos adoptasen los conocimientos científicamente compartidos, o sea, el llamado cambio conceptual, demuestra que a pesar de los esfuerzos realizados aún no se ha alcanzado ese objetivo. Estas críticas han llevado a una revisión de los conceptos definidores de las dos vertientes y a un acercamiento entre ambas. Se supone ahora que el estudio de las representaciones internas nos puede permitir entender mejor los procesos de construcción, evolución y cambio de esas representaciones, y encarar entonces, desde el punto de vista educacional, la tarea de la facilitación del aprendizaje significativo en Ciencias. (Moreira, 2004).

Después de analizar la problemática de la enseñanza de las ciencias y de la enseñanza de la química en particular, es pertinente, por el objeto de la presente revisión tener en cuenta diferentes puntos de vista para el abordaje de la problemática en la enseñanza sobre enlace químico.

De posada (1999) expone en su trabajo, respecto a las concepciones que tienen los alumnos sobre el enlace químico, que para numerosos investigadores este concepto es considerado crucial dentro de la química. Si esta hipótesis es correcta —todo parece indicarlo—, sería necesario un adecuado conocimiento de la estructura de la materia y del enlace químico para desarrollar con éxito otras partes de la química o incluso de la biología. Una vez aceptadas estas premisas, la cuestión podría formularse en términos más próximos a la psicología cognitiva de la siguiente forma: ¿se está consiguiendo en los alumnos aprendizaje significativo con la unidad del enlace químico?

Pocos trabajos han estudiado las concepciones de los estudiantes sobre el enlace químico. Peterson et al., (1989a, 1989b) evaluaron los conocimientos académicos de alumnos de 16 y 17 años de edad sobre el enlace covalente y su estructura. Algunos de los errores conceptuales encontrados fueron: a) El 23% de los alumnos no consideraba la influencia de la electronegatividad y la desigual compartición del par de electrones en el enlace polar. b) El 27% de los alumnos ven en la polaridad del enlace un factor que influye en la geometría de moléculas como NBr_3 y COCl_2 . c) Las fuerzas intermoleculares fueron confundidas con las fuerzas dentro de una molécula por un 23% de los estudiantes. d) El 33% consideró como fuerzas intermoleculares las existentes dentro de una red covalente.

Dumon y Merlin (1988), citado en De posada (1999), evaluaron los conocimientos sobre orbitales moleculares en estudiantes universitarios de ciencias químicas. Algunos de los resultados fueron: a) La definición de orbital molecular no es bien entendida. b) El método CLOA (combinación lineal de orbitales atómicos) parece bien recordado por los alumnos. c) Son comprendidas las relaciones entre función de onda y función matemática y, por otro lado, nivel de energía y estado del electrón.

Caamaño y Casassas (1987), citado en De posada (1999), encontraron que: a) La mitad de los estudiantes de 16 años no reconocía como elementos sustancias simples formadas por moléculas. b) Un 40% de los estudiantes identificó como moleculares estructuras gigantes. c) Un elevado porcentaje asoció la valencia de un elemento con el subíndice del elemento con el que se combina; sin duda, influidos por el método con el que se les ha enseñado a formular. c) La mayoría de los alumnos no sabía calcular el número de enlaces que se rompen y se forman en una reacción química.

Por último, Durand, Cruz y García (2005) manifiestan que la química es una disciplina científica que estudia la materia y sus transformaciones. En este sentido, su problema central son las estructuras y propiedades de las entidades químicas fundamentales; las moléculas, que están formadas por átomos en una composición y arreglo espacial bien definido, tales reglas se basan en el concepto de valencia, término usado para describir la capacidad que tienen los átomos para combinarse unos con otros y formar moléculas.

Otra problemática importante es la relacionada con la enseñanza-aprendizaje del concepto de valencia en química, sobre lo cual vale la pena revisar los aportes realizados por Gallego, (2004), respecto a la importancia de la inclusión en la enseñanza de los aspectos histórico y epistemológico del concepto de valencia. Es de anotar que en Colombia los aspectos de tipo histórico se encuentran ausentes en la mayoría de los libros de texto y que, cuando aparecen son tratados en forma superficial, sin atribuirles un papel relevante, igual a como ocurre en otros países, esto sumado al papel del desempeño del profesor como instrumento transmisor acrítico de los contenidos curriculares, es causa del desinterés de los alumnos por el estudio de las ciencias.

Con la inclusión de la historia de las ciencias en su enseñanza se puede establecer un hilo conductor que da cuenta del progreso científico y, a su vez, identificar los conceptos estructurantes que permiten la introducción de otros conocimientos para, de esta forma, proponer soluciones ante los obstáculos epistemológicos.

En lo referente al análisis de los textos, se establece que, tanto los de nivel de educación media como los de educación superior, presentan una definición del concepto de valencia que no tiene en cuenta la construcción histórica del concepto. Presentan el concepto de valencia referido a los electrones de la capa externa del átomo, sin encontrarse en ninguno de ellos una mención del concepto relacionada con el poder combinatorio de los átomos. Al desconocer el aporte de cada uno de los científicos que contribuyeron en la construcción del concepto de valencia para llegar a formular las teorías del enlace químico, los textos

analizados presentan una visión distorsionada de la actividad científica. Sin embargo, cabe reconocer que en los de educación superior hay un mayor reconocimiento de la importancia de la historia en la construcción del conocimiento en este campo.

4. Síntesis de la propuesta para el caso del concepto de valencia química

Teniendo como base la concepción compleja de las competencias, el proceso de desempeño idóneo requiere de la integración del saber ser con el saber conocer y el saber hacer (Tobón, 2005), en la actualidad se han hecho algunos esfuerzos en cuanto a la formación por competencias en torno al saber ser y el saber hacer, pero el principal problema se encuentra en tratar de abordar el saber conocer, debido a que la educación tradicional se ha encargado de transmitir conocimientos en forma acabada, al mismo tiempo ha descuidado enseñar sobre lo que es el conocimiento. (Tobón, 2005, p. 176).

La propuesta planteada tiene su base en las diferentes teorías que se analizan en la revisión para demostrar que la reconciliación es lo ideal en los procesos de enseñanza-aprendizaje, es pertinente recordar que los instrumentos fundamentales del saber conocer, los cuales se muestran en la tabla 1 (Tobón, 2005, p. 180) son precisamente el resultado de las teorías presentadas.

Tabla 1. Instrumentos fundamentales del saber conocer.

Instrumento cognitivo	Definición	Ejemplos	Procesos implicados
Nociones	Representaciones de la realidad, las cuales se estructuran por palabras e imágenes interrelacionadas entre sí.	Grande-pequeño Fuera-dentro Blanco-negro	Proyectar Introyectar Comprender Nominar
Proposiciones	Son aseveraciones acerca de clases generales de la realidad con base en un sujeto y un predicado.	“las competencias se componen de tres saberes esenciales: saber ser, saber conocer y saber hacer”	Proposicionalizar Ejemplificar Codificar Decodificar
Conceptos	Representan un conjunto organizado de abstracciones.	Capacidad Pensamiento Aprendizaje Competencia	Supraordinar Infraordinar Isoordinar excluir
Categorías	Son tejidos de conceptos que se construyen mediante procesos de argumentación y derivación.	Sistema cognitivo Sistema educativo Sistema enseñanza-aprendizaje	Argumentar Derivar Definir subargumentar
Reconciliación integradora	Relación integradora de mayor nivel de abstracción, mediante la cual se establecen conexiones conceptuales en red mental dentro del contexto correspondiente.	Ver mapa conceptual del concepto valencia en química	Todos los anteriores

De la tabla donde se muestran instrumentos fundamentales del saber conocer, cabe resaltar que es importante que el docente presente al estudiante actividades que involucren la ejecución de procesos mentales acordes al instrumento cognitivo utilizado, por ejemplo en el caso que nos ocupa del concepto de valencia proponemos como instrumento de conocimiento la reconciliación integradora que es uno de los de mayor complejidad pues involucra todos los procesos mentales mencionados, y como didáctica se recomienda el manejo de mapas conceptuales. Si fuera otro el caso, por ejemplo, si los procesos fueran supraordinar, infraordinar, isoordinar y excluir, para el aprendizaje de conceptos en química, una buena estrategia didáctica sería los mentefactos conceptuales propuestos por De Zubiría.

En Colombia las universidades tienen que empezar urgentemente a liderar procesos de transformación en sus procesos formativos, ya que el nuevo mundo laboral no requiere de tanta mano de obra, si no, de cerebros pensantes, lo que De Zubiría llama analistas simbólicos. (De Zubiría, 1994).

Por tanto, se hace necesario reinventar procesos cognitivos y formas de agilizar el conocimiento, de tal manera que el estudiante pueda generar procesos más activos de aprendizaje. A continuación se desarrolla el concepto de valencia, desde el saber conocer, esto implica detenerse a pensar, si valencia es un concepto, sin entrar en el detalle de construirlo, pues ese no es el objetivo, pero para poder realizar el aprendizaje significativo de un concepto el estudiante debe estar en capacidad de identificar cuatro componentes, o de realizar cuatro operaciones intelectuales: el supraordenado, el infraordenado, la isordinada y lo que lo diferencia de otros conceptos, es decir el componente excluyente. (De Zubiría, 1994).

El modelo de pedagogía conceptual es un modelo colombiano desarrollado por Miguel y Julián De Zubiría, junto con una serie de investigadores quienes han venido desarrollando esta teoría en la Fundación Alberto Merani para el desarrollo de la inteligencia y el instituto Alberto Merani que funciona en la ciudad de Bogotá. (Gutiérrez, 2004). La pedagogía conceptual asume como postulado científico que la inteligencia humana es un conjunto binario conformado por: instrumentos de conocimiento (nociones, conceptos, etc.) y operaciones intelectuales. (De Zubiría, 2005).

Entonces, se propone la forma como el estudiante realizará la diferenciación progresiva y la reconciliación integradora, procesos que le permitirán desarrollar una mayor capacidad para la asimilación significativa del concepto de valencia química cuando logra por diferenciación, jerarquizar los conceptos generales enseñados, relacionarlos entre sí, anclar sobre los conocimientos previos para finalmente hacer una reconciliación integradora alrededor del concepto de compuesto químico.

La enseñanza del concepto de VALENCIA QUÍMICA, exige que las nuevas ideas deben estar relacionadas subordinadamente con conocimientos previos tales como: concepto de átomo, estructura electrónica del átomo, la regla de Hund, el principio de exclusión de Paulin, conceptos de anión y catión, y generalidades de tabla periódica.

En la figura 1 se sintetizan las ideas que deben estar relacionadas subordinadamente con conocimientos previos relacionados a los conceptos previos así como la diferenciación progresiva y la relación integradora, como didáctica para la enseñanza del concepto de valencia química:

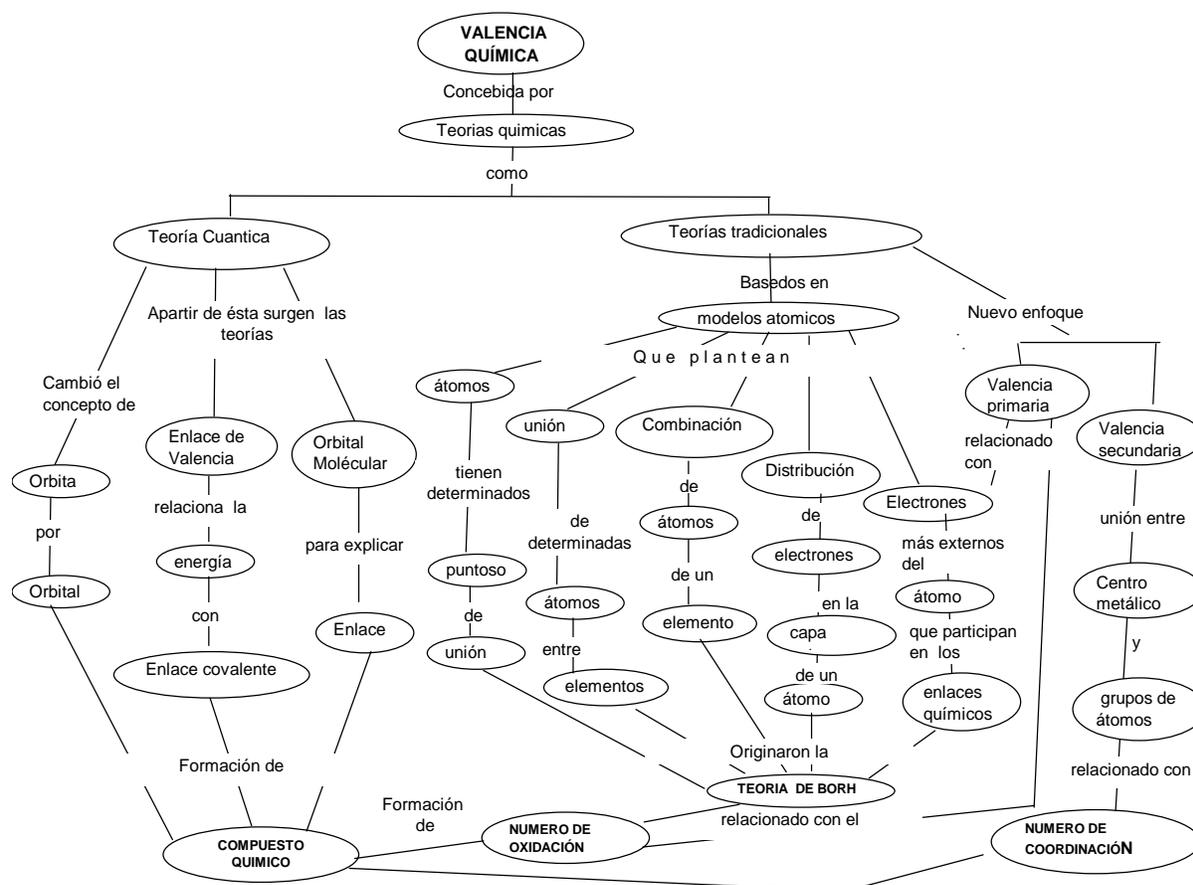


Figura 1. Mapa conceptual del concepto de valencia.

Fuente: propuesta por los autores como producto de un proyecto de investigación.

Para la enseñanza y aprendizaje del concepto de valencia en química proponemos el manejo de mapas conceptuales y como instrumento de conocimiento la reconciliación integradora, porque de esta manera la didáctica lleva al estudiante a integrar los conceptos que provienen de tres fuentes diferentes como son: la teoría cuántica, las teorías tradicionales y el nuevo enfoque, que implica el concepto de valencia primaria y valencia secundaria cuando se trata de compuestos químicos considerados complejos de coordinación, de esta manera el estudiante cierra a manera de ciclo y de manera integrada los conceptos de enlace químico, número de oxidación y número de coordinación, en la concepción de formación de un compuesto químico; que es en últimas donde logra distinguir de manera amplia y completa el concepto de valencia química.

5. Conclusiones

En el mapa conceptual del concepto de valencia se sintetiza la propuesta de la reconciliación integradora como instrumento de conocimiento, y a su vez como una herramienta útil para los procesos de enseñanza y aprendizaje del concepto de valencia en química, pues es necesario que además de las habilidades y destrezas que posea el docente, se complementa con esta herramienta didáctica para establecer conexiones conceptuales dentro del contexto tratado, lo cual pone de manifiesto la capacidad del estudiante de organizar una red conceptual.

En la enseñanza–aprendizaje de la química cualquiera que sea su especialidad, (orgánica, inorgánica, analítica) siempre se han representado problemas, tanto de orden pedagógico como didáctico, no obstante, se observa que diferentes investigadores en el área de la educación han abordado esta temática, desde distintas ópticas, algunos revisan el rol del maestro y sus formas de enseñar, otros indagan sobre las formas como los estudiantes aprenden desarrollando trabajos donde comparan la eficacia del proceso de aprendizaje utilizando herramientas didácticas, tales como: mapas mentales, modelos mentales, mentefactos, revisión de conceptos, de modelos didácticos entre otros, con estudiantes que aprenden en el modelo tradicional el cual se fundamenta principalmente en la repetición y la memoria.

Con la revisión conceptual realizada, se propone una didáctica, con la cual el estudiante logrará explicar la formación de diferentes compuestos químicos haciendo las conexiones conceptuales pertinentes entre unión de átomos, combinación de átomos, distribución de electrones, valencia primaria, valencia secundaria, orbital molecular y enlace de valencia, dependiendo de la naturaleza.

6. Lista de referencias

- Asociación Nacional de Químicos Españoles. (2005). Enseñanza de la Química y la Física. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2 (1), 101-106. ISSN 1697-011X. Consultado el 25 de mayo de 2006. De: http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen2/Numero_2_1/Manifiesto-ANQUE.pdf.
- Correa, J., Zayas, M., Vidal, G., & Delgado, F. (2004). Aprendizaje basado en problemas en química general. Consultado el 9 de mayo de 2006. De: <http://www.educar.org/articulos/aprendizajequimica.asp>
- De Cudmani, L., Pesa, M., & Salinas J. (2004). Hacia un modelo integrador para el aprendizaje de las ciencias, Departamento de Física. FCEyT. Universidad Nacional de Tucumán. Consultado el 6 de mayo de 2006. De: <http://www.bib.uab.es/pub/ensenanzadelasciencias/02124521v18n1p3>.
- De Posada, J. (1999). Concepciones de los alumnos sobre el enlace químico antes, durante y después de la enseñanza formal. Problemas de aprendizaje, Delegación de Educación y ciencia de Málaga Junta de Andalucía. *Enseñanza de la ciencias*, 17 (2), 227-245.
- Del Pozo, M. (2001). Prospective teachers' ideas about the relationships between concepts describing the composition of matter. *International Journal of Science Education*, 23 (4), 353 – 271.
- De Zubiría, M. (1994). *Tratado de pedagogía conceptual, pensamiento y aprehendizaje: los instrumentos de conocimiento*. Fundación Internacional de Pedagogía Conceptual Alberto Merani.
- De Zubiría, M. (1994). *Tratado de pedagogía conceptual, operaciones mentales y creatividad*. Fundación Internacional de Pedagogía Conceptual. Alberto Merani.
- De Zubiría, M. (2005). *Pedagogías del siglo XXI: Mentefactos I: Fundación Internacional de Pedagogía Conceptual Alberto Merani*. Fondo de publicaciones Fundación Alberto Merani.
- Durand, J, Cruz, S, & García, O. (2005). *Un puente entre la física y la química. Revista de divulgación científica. La Ciencia y el hombre*. Enero-Abril México: Instituto de Ciencias Básicas Universidad de Veracruzana.
- Erduran, S. & Scerri, E. (2002). The Nature of Chemical Knowledge and Chemical Education. En J. Gilbert et al. (ed.), *Chemical Education: Towards Research-Based Practice*.
- Furio, C. & Furio, C. (2003). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Revista de Aniversario. Educación química*, 11 (3).
- Gabel, D. L. (1993). Use of the particle nature of matter in developing. Conceptual understanding. *Journal of Chemical Education*, 70 (3), 193–194.
- Galperin, P. Y. (1976). *Introducción a la psicología, un enfoque dialéctico*. Universidad estatal de Moscú: Pablo del Rio editor.
- Galperin, P. Y. et al. (1978). *Bases psicológicas del aprendizaje programado*, Santiago de Chile: OREALC.

- Galperin, P. Y. (1983). *Sobre la formación de los conceptos y de las acciones mentales. Lecturas de Psicología Pedagógica*. La Habana, Cuba: ENPES.
- Gallego, R., Pérez, R., Uribe, M., & Cuellar, L. (2004). El Concepto de Valencia: Su construcción histórica y epistemológica y la importancia de su inclusión en la enseñanza. *Ciencia y Educación*, 10 (3), 571-583.
- García, E. Vigostsky. (2003). *La construcción histórica de la psique*. Biblioteca Grandes Educadores 9. Trillas.
- Giere, R. (1988). *Explaining Science*. University of Chicago Press.
- Izquierdo, M. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modelizar. *The Journal of the Argentine Chemical Society* 92 (4/6), 115-136.
- Leontiev, A. N. (1978). *Actividad, conciencia y personalidad*. Buenos Aires: Ciencias del Hombre.
- Klingler, C. & Vadillo, G. (2001). *Psicología cognitiva. Estrategias en la práctica docente*. México: McGrawHill.
- Lewis, S. (2003). La enseñanza basada en tópicos o problemas. Artículo original de Actionbioscience.org. Extraído el 5 de mayo de 2006. De: <http://www.actionbioscience.org/esp/education/lewis.html>.
- Martin, M., De Rojas, F. & Sánchez, M. (2004). Algunas reflexiones sobre la enseñanza de la química. Universidad Complutense, España. Extraído el 10 de mayo de 2006. De: http://www.javeriana.edu.co/universitas_scientiarum/vol5/art4.HTM.
- Moll, L. (1990). Vygotsky y la educación. Connotaciones y aplicaciones de la psicología sociohistórica en la educación. (4 ed.). Argentina: Aique Grupo Editor.
- Moreira M. & Greca, LL. (2004). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias. Extraído el 15 de mayo de 2006. De: <http://www.if.ufrgs.br/moreira>
- Pauling, L. (1992). The nature of the chemical bond. *Journal of Chemical Education*, 69(6), 519-521.
- Ríos, M., Jaramillo, C., Gómez, M. & Mesa, A. (2005). Manual de laboratorio de química básica. Universidad pontificia bolivariana. Segunda edición, Medellín, Colombia. Editorial Universidad pontificia bolivariana.
- Romero, P., Rodríguez, G. & Ramírez, J. (2003). *Pensamiento hábil y creativo. Herramientas pedagógicas para desarrollar procesos de pensamiento*. Redipace Ltda.
- Sánchez, M. (2004). Algunas reflexiones sobre enseñanza química. Facultad de educación, Universidad Complutense, España. Extraído el 10 de febrero de 2007. De: <http://www.javeriana.edu.co>.
- Scerri, E. & Mc Intyre L. (1997). The Case for the Philosophy of Chemistry. *Synthese*, 111, 213- 232.
- Talizina, N. (1977). *Tecnología de la enseñanza y su lugar en la teoría pedagógica*, 1/17. La Educación Superior contemporánea, La Habana.
- Talizina, N. (1998). *Psicología de la enseñanza*. Biblioteca de sicología soviética. Moscú: Editorial Progreso.
- Tobón, S. (2005). *Formación basada en competencias, pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica*. (2 ed.). Ecoediciones.
- Vigotsky, L. (1982). *Obras escogidas. Vol.2. Investigación experimental del desarrollo de los conceptos*. Madrid: Visor.
- Vigotsky, L. S. (1987). *Historia del Desarrollo de las Funciones Psíquicas Superiores*. La Habana: Editorial Científico Técnica.
- Vigotsky, L. (1988). *Interacción entre enseñanza y desarrollo. Selección de Lecturas de Psicología de las Edades I, Tomo III*. Universidad de La Habana.