

Aportaciones a la didáctica
de la química.

Conceptos fundamentales en química 1. Valencia*

José Antonio Chamizo,¹ Marina Yolanda Gutiérrez²

Abstract

Valency's concept and their importance along the history of chemistry has been discussed. Also a bibliographical revision of the concept of valency, among some of the more popular books in the high school of Mexico was done. The results showed a huge diversity of the interpretations and uses given at this concept.

Antecedentes

En general, la enseñanza de las ciencias en la educación media ha tenido poco sentido para los alumnos porque, entre otras causas, se les satura de conceptos, en un lenguaje nuevo, alejado de sus intereses y de sus ideas previas, en muchos casos erróneas sin darles oportunidad a modificarlas (Kind, 2000). Además, algunos de estos conceptos básicos, entre los que hay que destacar materia, sustancia, elemento compuesto, valencia, número de oxidación, enlace, etcétera, tienen definiciones diferentes y/o gran dificultad en su aprendizaje, particularmente en los cursos introductorios. Baste con recordar la definición de elemento aprobada por la IUPAC como "materia, en la que todos sus átomos son iguales una vez que tienen la misma carga positiva en el núcleo" (Nelson, 2003).

Sin embargo, seleccionar los conceptos fundamentales en cada asignatura de química resulta un trabajo complejo que requiere no sólo de conocimientos sobre la disciplina, los programas de cada materia, los métodos de enseñanza-aprendizaje y los nuevos instrumentos para la enseñanza, sino de su epistemología, lo que significa la reconstrucción histórico-social de su racionalidad que responde a preguntas como: ¿cuándo apareció ese concepto?, ¿por qué fue necesario?, ¿cuál ha sido su utilidad? En un primer trabajo en esta dirección y resultado de una

investigación internacional informamos (Chamizo, 2001):

La educación química normal está aislada del sentido común, de la vida cotidiana, de la sociedad, de la historia y filosofía de la ciencia, de la tecnología, de la física escolar y de la investigación química actual.

Particularmente para el caso de México, donde se han copiado alegremente algunos de los proyectos CTS (Ciencia, Tecnología, Sociedad) en el nivel bachillerato desarrollados en otros lugares del mundo, la reflexión es importante. ¿Conocer la epistemología de un concepto sirve en el proceso de enseñanza-aprendizaje?, ¿cuál es el valor de este concepto en este proceso? De manera más específica, ¿es necesario el concepto de valencia en el caso concreto del proceso de enseñanza-aprendizaje de Química con enfoque CTS?

Demasiados aspectos para una sola investigación; por ello, este trabajo sólo es una primera aproximación que trata del concepto de valencia en los libros de texto utilizados a nivel bachillerato en los programas de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Debido a que las fórmulas definen una gran cantidad de información química y a muchos alumnos se les dificulta su comprensión, se escogió la valencia como uno de los conceptos básicos, pues con ella se logró no sólo el desarrollo de la química orgánica (Ramsay, 1981) y de coordinación en el siglo XIX (Kauffman, 1981), sino un modelo general de la combinación y un sistema para representar la fórmula de las sustancias. Por ello, varios de los libros de texto de química más importantes del pasado siglo XX incorporaron el nombre de valencia en sus títulos (Lewis, 1923; Coulson, 1952; Cartmell, 1966; Stevens, 1969). Sin embargo, existen hoy textos de nivel bachillerato que no incluyen este concepto entre sus temas (Nelson, 1997).

Las preguntas que guiaron este trabajo fueron:

1. ¿Qué entendemos por el término "concepto"?
2. ¿Cuál ha sido el desarrollo histórico del concepto de valencia?

¹ Facultad de Química, UNAM.

² Escuela Nacional Preparatoria, UNAM.

Recibido: 12 de noviembre de 2003; **aceptado:** 15 de marzo de 2004.

- 3 ¿Cómo se incorpora el concepto de valencia en los libros de texto del bachillerato de la UNAM (asunto que podría extenderse a muchos otros bachilleratos).

Las primeras respuestas a cada una de estas preguntas se presentan a continuación.

1. ¿Qué entendemos por el término “concepto”?

Los conceptos surgen de las percepciones, uniendo diversas experiencias y extrayendo lo que tienen en común. Pueden ser una sola palabra: *sustancia*, *valencia*, *enlace* o pueden ser relaciones entre objetos o variables que toman parte en un proceso como las leyes. Son las “palabras de la mente”.

En su libro *Learning how to learn*, en donde discuten ampliamente los mapas conceptuales, Novak y Gowin los definen como (Novak, 1984): “Una regularidad en eventos u objetos designados por la misma palabra”.

Para Carey (Carey, 1991) un concepto “es una unidad de representación mental, aproximadamente la esencia de ítems léxicos como los son: objeto, materia y peso.”

Un concepto formulado en una palabra representa un acto de generalización. Significa comprender el lenguaje, las características del concepto y sus relaciones. Es un acto de pensamiento dinámico, complejo, que se desarrolla y construye de una manera personal, idiosincrásica, en relación con la experiencia del sujeto. Es un acto cultural ya que la cultura es el medio a través del cual el individuo adquiere los conceptos. Las ideas se desarrollan a través de un proceso de modificación constante a medida que las versiones primitivas se enfrentan con nuevas experiencias. El desarrollo de los conceptos presupone acciones intelectuales como atención, memoria lógica, abstracción, habilidad para encontrar semejanzas y diferencias (Vygotsky, 1992).

Completando y resumiendo lo anterior, los conceptos se han caracterizado (Castañeda, 1982) como:

- Formas lógicas que caracterizan a toda una clase de objetos agrupados por uno u otro rango.
- Reglas de clasificación que permiten agrupar a los objetos según cierta clase de notas.
- Entendimiento mediante el conocimiento del lenguaje

Así, la comprensión del lenguaje es fundamental en el proceso de enseñanza-aprendizaje porque “el sentido de todo lenguaje, escrito o hablado, depende del contexto y el significado que se le asocia; resulta tanto de esquemas preexistentes como del procesamiento de símbolos y sonidos” (Herron, 1996).

Finalmente, con un poco de cautela no hay que olvidar a Einstein cuando dijo (Schlipp, 1949):

Lo único que justifica nuestros conceptos es que sirvan para representar el conjunto de nuestras experiencias. Más allá de esto carecen de legitimidad. Estoy convencido de que los filósofos ejercieron un pernicioso efecto sobre el progreso del pensamiento científico al arrancar ciertos conceptos fundamentales del dominio del empirismo, donde están bajo control, para transplantarlos a las intangibles alturas del apriorismo. El universo de las ideas es tan poco independiente de la naturaleza de nuestras experiencias como lo es la ropa respecto a la forma del cuerpo humano

¿Cuál ha sido el desarrollo histórico del concepto de valencia?

La valencia es un concepto paradigmático (en el mejor sentido de lo expresado por Kuhn) que resume y proyecta los esfuerzos de los químicos del siglo XIX para encontrar una racionalidad en la combinación de los elementos, el cual era y es uno de los temas fundamentales de la propia Química. Con el descubrimiento del electrón y su identificación como agente principal en el enlace químico quedó claro que la valencia estaba relacionada con la cantidad de electrones externos presentes en determinado átomo. El alemán Kossel nos los dice de manera muy clara a principios del siglo pasado (Cruz, 1986):

Cada elemento sucesivo contiene un electrón y una partícula positiva más que su predecesor. El hecho de que la valencia cambie periódicamente es una prueba de que, al pasar de un elemento de menor a otro de mayor peso atómico, la configuración electrónica no cambia uniformemente en lugar de ello, cada cierto tramo se alcanzan configuraciones para las cuales el número de electrones de valencia se repite: configuraciones asociadas con elementos inertes químicamente se encuentran regularmente: éstas son las de los gases nobles. ...Concebimos la propiedad de la valencia como un aspecto esencial del comportamiento de los electrones externos de un átomo.

Linus Pauling, seguramente el químico más influyente de los últimos años, reflexionando acerca de este concepto indicó (Pauling, 1960):

Si no existiese un orden en la manera de combinarse de los diferentes elementos para formar las moléculas y los cristales de los compuestos, sería necesario retener en la memoria todas las fórmulas de miles de sustancias. Afortunadamente, existe un gran orden en las fórmulas, como resultado de que ciertos elementos tienen un poder de combinación definido, o valencia (del latín *valentia*, vigor o capacidad), que determina el número de otros átomos que pueden combinarse con uno del elemento. Otros elementos, de comportamiento más complejo, pueden presentar dos o más poderes de combinación definidos.

Para el maestro y filósofo de la química Gaston Bachelard el concepto de valencia es central en la química (Bachelard, 1989):

El concepto de valencia encierra no sólo una ‘historia de progreso’ sino que al ser fuente de investigación experimental tiene un ‘volumen filosófico’ una profundidad epistemológica con un uso nuevo de la categoría de sustancia.

Una primera discusión histórica del concepto ya ha sido presentado en esta revista (Garriz, 1997); sin embargo, para las razones de este artículo, una apretada cronología sobre el concepto de valencia se muestra en la tabla 1. Lo anterior permite reconocer la importancia de la valencia en la química, concepto difícil de racionalizar que se logró comprender a partir de la composición centesimal de las sustancias y del trabajo experimental que llevó a definirla como capacidad de combinación que admite un sistema para representar las fórmulas de las sustancias.

3. ¿Cómo se incorpora el concepto de valencia en los libros de texto del bachillerato de la UNAM?

El bachillerato de la Universidad Nacional Autónoma de México consta de dos subsistemas con estructuras claramente diferenciadas:

- La Escuela Nacional Preparatoria (ENP), donde los cursos son anuales.
- El Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), donde los cursos son semestrales.

Ambos subsistemas han optado por la corriente CTS en la construcción curricular de sus nuevos progra-

mas donde se indica una lista de textos como apoyo a los mismos. En ningún caso se menciona un libro de texto único. Sin embargo, el libro de texto es uno de los recursos más utilizados en el proceso de enseñanza-aprendizaje tanto por los docentes como por los alumnos. Es fundamental en la transmisión del conocimiento y es un tema emergente en la investigación en la didáctica de las ciencias experimentales (Jiménez, 2002). En este aspecto vale la pena tomar en cuenta lo que menciona Herron (Herron, 1996): “Los alumnos de química tienen dificultad en la lectura de sus libros de texto”. Las nuevas ideas se introducen tan rápidamente que los estudiantes se detienen en la búsqueda del significado y relaciones para las nuevas palabras de tal modo que olvidan el sentido de los párrafos.

Aun cuando en el CCH se establece que “no existe ningún texto que incluya en su totalidad los contenidos del programa”, se sugieren para el primero y segundo semestre de Química algunos textos que se utilizaron en esta revisión. Asimismo se emplearon los libros anotados en la Bibliografía General del programa vigente de Química III (5º año) del bachillerato de la ENP. La bibliografía correspondiente a los textos utilizados en la revisión se anota en la tabla 2.

Como metodología se utilizó el análisis de contenido (Krippendorf, 1977) a partir de unidades temáticas, sintácticas y referenciales, obteniéndose la importancia y las atribuciones de las páginas de contenido e índice. Se revisaron los temas correspondientes a elementos, símbolos, compuestos, fórmulas, nomenclatura, tabla periódica, teoría atómica, enlaces, reacciones, red-ox y números de oxidación. Para el cálculo de la frecuencia se utilizaron las siguientes categorías:

- IMPORTANCIA DE LA VALENCIA (IV). Si el tema se encontraba en el contenido y/o en las páginas de índice tenía más de dos referencias.
- DEFINICIONES DE NIVEL MACROSCÓPICO PARA VALENCIA O IONES (NM). Se consideraron válidas si estaban basadas en fenómenos observables o deducidas de la composición centesimal o pesos equivalentes.
- DEFINICIONES TEÓRICAS O ESTABLECIDAS PARA IONES Y/O ENLACES (DT) o si se obtienen a partir de la configuración electrónica o nivel de energía más externo o capa de valencia relacionada con el modelo atómico de Bohr.
- OBTENCIÓN DE FÓRMULAS DE COMPUESTOS INORGÁNICOS A PARTIR DE IONES (FI).

Tabla 1. Cronología del concepto de valencia.

Año o periodo	Concepto de valencia
Antigüedad y Edad Media	El primer antecedente del concepto de valencia se origina entre los griegos, para quienes los elementos tendían a combinarse bajo el influjo del amor y a separarse por el odio. (Leicester, 1967). Estas relaciones o <i>afinidades químicas</i> se reconocen por los alquimistas como atracciones y repulsiones y pueden permitir la identificación de las fuerzas responsables de las combinaciones químicas (Bensaude-Vincent, 1997). Posteriormente se relacionan con la reactividad, a partir del desplazamiento de los metales en presencia de diferentes reactivos.
1718	Geoffroy transforma el concepto a relación, de tal modo que un cuerpo desplaza en su combinación a los que le siguen. Es un catálogo que expresa la capacidad de reacción de los compuestos individuales lo cual indica un proceso de creación y destrucción de relaciones entre las sustancias (Leicester, 1967).
1797	Al conocerse la ley de Richter se estableció una relación entre los pesos obtenidos del análisis de la composición centesimal de las sustancias y sus pesos equivalentes la cual recibió los nombres de atomicidad, poder de combinación o simplemente equivalente (Partington, 1950).
1802	Berthollet publicó sus investigaciones sobre las leyes de la afinidad, las cuales sirvieron posteriormente a Dalton para seleccionar, en forma convencional, al hidrógeno como unidad (Chamizo, 1994).
1819	Berzelius desarrolló la teoría dualística de la afinidad química que se debe a la atracción entre los polos de diferentes tipo de electricidad que poseen los cuerpos elementales de ahí que la combinación y la descomposición químicas se considerasen fenómenos eléctricos (Palmer, 1965).
1852	<p>Frankland propuso una teoría sobre el poder de combinación de los átomos para explicar la razón por la cual los elementos se combinan en determinadas relaciones; esto es, dotó a los átomos de una capacidad intrínseca: la capacidad de combinación.</p> <p>La capacidad o poder de combinación de los átomos sustituyó al término afinidad química o poder de atracción que sus contemporáneos utilizaban como grados de afinidad. Además, Frankland utilizó el término <i>unión</i> para dar una expresión concreta a los términos <i>atomicidad</i> o <i>equivalente</i> y expresó que el número de enlaces que posee un elemento no es una cantidad fija sino que pueden existir uno o más pares de uniones latentes o activas. A esta teoría después se le llamó teoría de la valencia: diferentes átomos tienen diferentes valores de intercambio —valencias—: el hidrógeno tiene un poder de combinación de uno: valencia uno, monovalente, el oxígeno de dos, divalente; el carbono de cuatro, tetravalente (Benfey, 1963).</p>
1858	<p>Scott Couper utilizó una raya que une a dos átomos iguales o diferentes (H—H, H—Cl) para representar gráficamente los enlaces de afinidad o poder de combinación. Con esas líneas se obtuvieron las fórmulas estructurales o desarrolladas (Bensaude-Vincent, 1997). Esta representación fue especialmente útil para diferenciar la estructura de las moléculas orgánicas.</p> <p>En ese mismo año, Kekulé y Butlerov desarrollaron la química orgánica estructural al demostrar que el carbono poseía cuatro unidades de afinidad, las cuales se utilizaban para enlazarse a otros átomos.</p> <p>Para Kekulé, los símbolos de los elementos representaban la magnitud de su afinidad química. La atomicidad era una propiedad fundamental del átomo, considerada constante e invariable como el peso atómico (Cruz, 1986).</p>
1868	Wichelhaus introduce el término valencia para designar al poder de combinación de cada elemento, representado por la relación entre su peso atómico y su peso equivalente. Wurtz identifica el valor numérico en la sustitución o en la combinación de los elementos como valencia y se adoptan las fórmulas estructurales que indican el número de valencias que intercambian entre sí los diferentes átomos (Bensaude-Vincent, 1997).
1869	Con Newlands, Mendeleev y Meyer se incorpora la valencia en el sistema químico al fundamentar la ley periódica en las propiedades atómicas de peso y valencia. Los elementos del grupo I tienen valencia uno, los del II, 2, etcétera. Esta forma de relacionar la valencia de los elementos con su familia química es de un gran valor didáctico y sigue siendo utilizada por los docentes de química.
1874	Con Pasteur, Le Bel y Vant Hoff, la valencia se considera como una propiedad direccional, aparece la estereoquímica y se pueden explicar los isómeros ópticos al considerar los enlaces del carbono dirigidos hacia los vértices de un tetraedro.
1891	Werner desarrolla la teoría de los compuestos de coordinación. Propone la valencia secundaria o número de coordinación, para diferenciarla de la valencia que corresponde a la capacidad de combinación y a la que denomina valencia primaria (Kauffman, 1981).

continúa...

Tabla 1. Cronología del concepto de Valencia (continuación...)

Año o periodo	Concepto de valencia
1916	Los trabajos de Arrhenius sobre la disociación electrolítica y de otros científicos sobre la luz, los espectros, la radiactividad, la ionización de los gases, los electrones como partículas con carga negativa y el modelo atómico de N. Bohr, proporcionaron la base de la valencia iónica o electrovalencia. En 1916 Kossel, después de señalar la estabilidad química de los gases nobles, interpretó la ionización como la pérdida y ganancia de electrones de y en el nivel más externo de los átomos —capa de valencia—. Así, la electrovalencia se definió como la capacidad de un átomo para combinarse con otros cuando tal combinación supone la transferencia de electrones y la subsiguiente formación de iones.
1916-1923	Lewis supuso que una estructura estable de valencia contenía ocho electrones y los colocó en los vértices de un cubo. Esta “teoría del octeto”, ampliada por Langmuir en 1919, considera que los electrones están dispuestos en capas concéntricas en torno al núcleo. Se imaginaron a los átomos (con excepción del hidrógeno) formados por dos partes esenciales: un <i>kernel</i> , de carácter positivo (núcleo y electrones de niveles interiores) y los electrones de valencia, los cuales se representan por puntos alrededor del símbolo del elemento. En 1923 Lewis publicó su teoría sobre el enlace covalente que se caracterizaba por considerar a los electrones como esferas cargadas y rígidas que giran sobre sus ejes. El enlace covalente se forma cuando dos átomos comparten electrones de su capa de valencia
1961	Linnett sugiere que un octeto de valencia debe considerarse como dos cuartetos, cada uno con electrones del mismo espín. En todo cuarteto, por estar constituido por iguales espines, la menor repulsión se alcanza colocando a los electrones en un tetraedro (Linnett, 1969).
1932 a la actualidad	Posteriormente se han desarrollado nuevas teorías como la Repulsión de Pares Electrónicos de Valencia (o la de Orbitales Moleculares con la que R.S. Mulliken ganó el premio Nobel de Química en 1966). Sin embargo, la teoría que explica el enlace químico es aún tema de investigación pues las nuevas técnicas de análisis, la teoría atómica-cuántica y el desarrollo de cientos de miles de nuevas moléculas modifican las ideas establecidas (Gillespie, 2001).

Tabla 2. Textos de Química incluidos en la investigación.

Autor	Referencia
1. Am.Chem.	AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, <i>QuimCom. Química en la Comunidad</i> , Addison Wesley Longman de México, México, 1993/1998.
2. Brown	Brown, T. L., Lemay, H. E. JR., Bursten, B.E., <i>Química. La Ciencia Central</i> , Prentice-Hall Hispanoamericana, México, 1993
3. Burton	Burton, D., Routh, J., <i>Química Orgánica y Bioquímica</i> , McGraw-Hill, México, 1990.
4. Dickson	Dikson, T. R., <i>Química .Un Enfoque Ecológico</i> , Noriega-Limusa, México, 1990.
5. Flores	FL Flores de L., T., <i>et al.</i> , <i>Química</i> , Publicaciones Cultural, México, 1992/1995.
6. Garritz	Garritz A, Chamizo J.A.; <i>Química</i> , EUA.; Addison Wesley Iberoamericana, México, 1994.
7. Hein	H Hein M., <i>Química</i> , Grupo Editorial Iberoamérica, México, 1992.
8. Hill	Hill, F., <i>Química y Vida</i> , Publicaciones Cultural, México, 1986.
9. Lewis	Lewis, M., Wallerg G., <i>Química Razonada</i> , Trillas, México, 1995.
10. Madras	Madras, S., <i>et al.</i> , <i>Química. Curso Preuniversitario</i> , McGraw-Hill, México, 1991.
11. Malone	Malone, J. L., <i>Introducción a la Química</i> , Limusa-Noriega, México, 1991.
12. Petrucci	Petrucci, R. H., <i>Química General</i> , Addison Wesley Iberoamericana, México, 1977/1986.
13. Schwartz	Schwartz, T., <i>Chemistry in Context</i> , Wm. C. Brown Publishers, U.S.A. , 1994.
14. Slabaugh	Slabaugh, W. H., Parsons, T. D., <i>Química General</i> , Limusa, México, 1966/1987.
15. Smooth	Smoot, R., Prince J., <i>Química. Un Curso Moderno</i> , Cía. Editorial Continental, México, 1986.
16. Timm	Timm, J., <i>Química General</i> , McGraw Hill, México, USA, 1988/1994.
17. Zumdhal	Zumdahl, S. S., <i>Fundamentos de Química</i> , McGraw Hill, México. 1990.

Tabla 3. Identificación del uso del concepto de valencia en los textos de la bibliografía general de los programas de química del bachillerato de la UNAM.

AUTOR	IV	NM	DT	FI	NO	EIC	EV	TP
1. Am.Soc.	–	✓	✓	–	–	✓	–	✓
2. Brown	✓	–	–	–	–	–	–	–
3. Burton	–	–	✓	–	–	✓	✓	3
4. Dickson	–	✓	✓	3	✓	✓	✓	✓
5. Flores	–	–	✓	✓	✓	✓	–	✓
6. Garritz	✓	✓	✓	✓	–	✓	–	✓
7. Hein	–	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8. Hill	–	✓	✓	✓	–	✓	–	✓
9. Lewis	–	✓	✓	✓	✓	✓	–	✓
10 Madras	✓	✓	✓	✓	–	✓	–	✓
11. Malone	–	–	✓	✓	✓	✓	✓	✓
12. Petrucci	✓	–	✓	✓	✓	✓	✓	✓
13. Schwartz	–	✓	✓	–	–	✓	–	✓
14. Slabaugh	–	–	✓	–	–	✓	–	✓
15. Smooth	–	–	✓	–	✓	✓	–	✓
16. Timm	✓	–	✓	✓	✓	✓	–	✓
17. Zumdhal	–	–	✓	✓	–	✓	✓	✓
SUMA/%	5/29	8/47	17/100	12/71	9/53	17/100	7/41	17/100

- Las obtenidas con cationes y aniones en más de un página.
 - **OBTENCIÓN DE FÓRMULAS DE COMPUESTOS INORGÁNICOS INCLUYENDO EL NÚMERO O ESTADO DE OXIDACIÓN (NO).** Las obtenidas cuando la suma de cargas es cero.
 - **ENLACES IÓNICO Y COVALENTE (EIC),** explicados con electrones del último nivel de energía.
 - **ELECTRONES DE VALENCIA (EV),** anotados en el índice, del nivel de energía más externo o capa de valencia, referidos a la capacidad de combinación o la formación de enlaces.
 - **TABLA PERIÓDICA (TP).** Relaciona la valencia, electrones de valencia o del nivel más externo con la posición en la tabla periódica.
- Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 3. De la tabla anterior se observa:
- Al tema de valencia se le da poca importancia pues sólo cinco de los 17 textos (es decir un 29%) lo considera en los contenidos.
 - El 47% de los textos desarrolla el concepto de valencia o el enlace a nivel macroscópico.
 - Todos los textos analizados utilizan definiciones teóricas o establecidas para los iones y/o enlaces, en las cuales se hace referencia a la capa de valencia o nivel más externo de energía o a la configuración electrónica.
 - El 71% emplea los iones para obtener fórmulas y en nomenclatura de compuestos
 - Poco más de la mitad de los autores emplean los números o estados de oxidación para la nomenclatura y la obtención de fórmulas.
 - Todos los textos utilizan los electrones de valencia o del último nivel de energía para explicar los enlaces.
 - De ellos, sólo el 41% anota en el índice a los electrones de valencia.
 - El 100% presenta relación entre los electrones de valencia o del último nivel de energía con la Tabla Periódica
 - Tres autores, (18%), hacen referencia a otros

modelos como enlace de valencia y/o a la Teoría de la Repulsión de Pares Electrónicos de Valencia.

Conclusiones

1. No hay consenso entre los autores de los textos revisados sobre la importancia del concepto de valencia, ni como capacidad de combinación de átomos y radicales, ni como concepto previo tanto en el desarrollo histórico como en el establecimiento de la fórmula mínima.
2. La palabra valencia se emplea para caracterizar a los electrones, al último nivel de energía, capa de valencia e incluso para modelos o teorías como RPECV sin haber definido y/o limitado antes el concepto de valencia.
3. Todos los autores explican los enlaces con electrones de valencia o del nivel más externo o capa de valencia; por ello, el concepto de valencia debe ser construido por los alumnos previamente.
4. Sería conveniente que para introducir conceptos fundamentales como compuesto y enlace, se utilizaran fenómenos observables, de nivel macroscópico, con objeto de llevar el razonamiento del alumno de lo concreto a lo abstracto y con el modelo teórico reflexionar sobre la experiencia.
5. Aun cuando la nomenclatura de los compuestos químicos es un tema amplio, la comprensión del significado de las fórmulas, por lo menos de los compuestos más importantes, es indispensable. En este punto debe quedar clara la diferencia entre la valencia y el número de oxidación.
6. En los libros de texto con predominio del enfoque CTS se ignora, de una u otra manera, el concepto de valencia. ▣

Referencias

- Bachelard G., *Epistemología*, Anagrama, Barcelona, 1989.
- Benfey O.T., *Classics in the theory of Chemical Combination*, Dover, New York, 1963.
- Bensaude-Vincent, B., Stengers I., *Historia de la Química*, Addison-Wesley Iberoamericana, Madrid, 1997.
- Carey S., "Knowledge Acquisition: Enrichment or conceptual change?", en: Carey S. and Gelman R., eds., *The Epigenesis of Mind. Essays of Biology and Cognition*, Hillsdale NJ, Erlbaum 1991.
- Cartmell E., Fowles G.W.A., *Valencia y Estructura Molecular*, Reverte, Barcelona, 1966.
- Coulson C.A., *Valence*, Oxford University Press, Oxford, 1952.
- Castañeda, M., *Análisis del Aprendizaje de Conceptos y Procedimientos*, Trillas, México, 1982.
- Cruz D., Chamizo J.A., Garritz A., *Estructura atómica. Un enfoque químico*, Pearson México, 2001.
- Chamizo J.A., El currículo oculto en la enseñanza de la química, *Educ. quím.*, **12**, 194-198 (2001).
- Chamizo J.A., *El maestro de lo infinitamente pequeño. John Dalton*, Pangea-Conaculta, México, 1994.
- Gillespie, D.J., Popelier, P.L., *Chemical Bonding and Molecular Geometry from Lewis to Electron Densities*, Oxford University Press, New York, 2001.
- Herron, J. D., *The Chemistry Classroom. Formulas or Successful Teaching*, American Chemical Society, Washington, DC, 1996.
- Jiménez L.R., De Manuel E., Salinas L.F., Los procesos ácido-base en los textos actuales y antiguos (1868-1955), *Educ. quím.*, **13**, 90-100 (2002).
- Kauffman G.B., *Inorganic Coordination Compounds*, Heyden, London 1981.
- Kind, V., *Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química*, Santillana-Facultad de Química, México, 2004.
- Krippendorff K., *Metodología de análisis de contenido. Teoría y Práctica*, Paidós, España, 1990/1997.
- Leicester, H. M., *Panorama Histórico de la Química*, Alambra, Madrid, 1967.
- Lewis, G. N., *Valence*, Dover, New York, 1965 (reimpresión del original de 1923).
- Linnett J. W., *The electronic structure of molecules*, Methuen, London, 1964.
- Nelson, P. G., Valency, *J. Chem. Ed.*, **74**, 4 (1997).
- Nelson P.G., Basic Chemical Concepts, *Chemistry Education: Research and Practice*, **4**, 19-24 (2003).
- Palmer W.G., *A History of the Concept of Valency to 1930*, Cambridge at the University Press, Great Britain, 1960.
- Plan de Estudios 1996 Preparatoria*, **V**, Escuela Nacional Preparatoria/UNAM, México, 1997.
- Programas de Estudio del Área de Ciencias Experimentales*, Química I y II, Unidad Académica del Ciclo de Bachillerato, Colegio de Ciencias y Humanidades, UNAM, México, 1996.
- Partington J.R., *A Text-book of Inorganic Chemistry*, 6^a ed., MacMillan & Co., London, 1950.
- Pauling L., *Química General*, Aguilar, Madrid, 1960.
- Ramsey O.B., *Stereochemistry*, Heyden, London, 1981.
- Schilipp P.A., *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, The Library of Living Philosophers, Evanston, 1949.
- Stevens B., *Atomic Structure and Valency*, Chapman and Hall, London, 1969.
- Vygotsky L.S., *Pensamiento y Lenguaje*, Ediciones Quinto Sol, México, 1934/1992.