

Escala de confiabilidad de libros de texto y páginas web desde la transposición didáctica de modelos moleculares de Kossel, Lewis y Pauling

Scale reliability of textbooks and web from didactics transposition of Kossel, Lewis and Pauling molecular models

Myriam Moreno Amado¹

Resumen: El presente trabajo tuvo como propósito elaborar una escala de confiabilidad de libros de texto y páginas web desde el análisis de la transposición didáctica de algunos modelos moleculares presentados por W. Kossel, G. N. Lewis y L. C. Pauling. Se tomaron como referencia documentos publicados en sus primeras versiones, los cuales fueron analizados desde una perspectiva histórico-epistemológica, para identificar aspectos medulares de su formulación. La escala de confiabilidad se estableció con seis criterios enmarcados en cuatro categorías de análisis, donde se incluyen los aspectos identificados para cada modelo molecular. Se elaboraron dos escalas de confiabilidad, la escala de mención de aspectos (EMA) y la escala de ponderación (EP) utilizadas para el análisis de 15 libros de texto y 40 páginas web. Según las escalas de confiabilidad se encontró que, los modelos presentados en páginas web y libros de texto revisados presentan, respectivamente, máximo un 10,85% y 5,87% de satisfacción.

Palabras clave: Libro de texto. Página web. Modelo molecular. Modelo didáctico. Escala EMA. Escala EP.

Abstract: The present study aimed to develop a scale of reliability of textbooks and web pages from the analysis of the didactic transposition of some molecular models presented by W. Kossel, G. N. Lewis and L. C. Pauling. We took into consideration documents published in its early versions, which were analyzed from a historical-epistemological perspective, to identify key aspects of their formulation. For the reliability scale six criteria were established framed into four categories of analysis, which include the issues identified for each molecular model. Two reliability scales were developed, the scale mentioning the aspects (EMA) and the weighting scale (EP) these were used for the analysis of 15 textbooks and 40 websites. According to these reliability scales it was found that the models presented in web pages and text books reviewed each have maximum of 10.85% and 5.85%.

Keywords: Textbook. Web page. Molecular model. Didactic model. EMA scale. EP scale.

¹ Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. E-mail: <moamy2002@yahoo.com.mx>

Introducción

Los libros de texto son los documentos donde se presentan, de forma didáctica, los “saberes”. Se ha identificado que los libros de texto y recientemente las páginas web son los medios que más utilizan los profesores para su trabajo en el aula (CAMACHO GONZÁLEZ; GALLEGO BADILLO; PÉREZ MIRANDA, 2007; CUÉLLAR FERNÁNDEZ; GALLEGO BADILLO; PÉREZ MIRANDA, 2008; NARDI, 1999). Aunque en los libros de texto no se reconocen los antecedentes histórico-epistemológicos que conducen a los modelos científicos y se presentan de forma simplificada, se advierte que son la guía para la formación de estudiantes y futuros profesionales. (CUELLAR; PÉREZ; QUINTANILLA, 2005).

Por otro lado, se identifica a un saber sabio alejado de un saber por enseñar, (CHEVALARD, 1998) con la transposición didáctica afirmó que evidentemente este proceso siempre conduce a una brecha, sin embargo, esta brecha no debe ser tan amplia que tergiversen los conceptos para el aprendizaje de futuros científicos quienes, a su vez, propondrán los nuevos modelos que explicarán, el comportamiento de la naturaleza. La transposición didáctica ha sido referencia para muchos estudios en matemáticas y su significado se ha ampliado a otras áreas del conocimiento y a otros objetos de análisis. (CAMPOS, 2006; GÁNDARA GOMEZ; GIL QUILÉZ; SANMARTÍ PUIG, 2002; ISLAS; GURIDI, 1999; KANG; KILPATRICK, 1992; MATOZZI, 1999). Aunque las anteriores investigaciones evidencian que debe mantenerse cierta conformidad porque necesariamente existirá una diferencia, o grado de confiabilidad, entre el saber sabio y el saber a enseñar. Es necesario que docentes y profesionales en formación decidan el nivel de acercamiento, a los saberes sabios, acorde con los alcances propuestos en sus espacios académicos. Una escala de confiabilidad es una herramienta oportuna que correlaciona los aspectos medulares de documentos científicos iniciales y pondera su mención en documentos académicos.

Igual que lo mostrado para las matemáticas en el trabajo de Chevalard (1998), es evidente que los saberes científicos se modifican constantemente, lo que confirma la necesidad de transponer constantemente varios elementos tomados del saber sabio. Con esta misma regularidad, deben ser actualizados los libros de texto y páginas web, que presentan los saberes a enseñar. Son pocas las publicaciones respecto al análisis de confiabilidad de libros de texto y no se encuentra una escala que indique el nivel de satisfacción de saberes sabios presentados como saberes a enseñar. Desde dicho marco se realizó este trabajo, que se relaciona con transposición didáctica ya que corresponde a un proceso que identifica los saberes sabios y los saberes a enseñar en dos herramientas del “sistema didáctico” como son los libros de texto y las páginas web.

Este artículo es el resultado de un proyecto de investigación en el marco del Grupo de Investigación Representaciones y Conceptos Científicos (IREC) de la Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá, Colombia. Para el trabajo se escogieron modelos moleculares publicados por W. Kossel (1916), G. N. Lewis (1916) y L. C. Pauling (1932), ya que se destacan entre los modelos científicos que son propuestos en el sistema educativo colombiano para explicar la formación y estabilidad de moléculas. Estos modelos moleculares son el fundamento para abordar las distintas temáticas en asignaturas como química, fisicoquímica y de otras áreas de las ciencias de la naturaleza. Además del análisis estadístico de confiabilidad, se pretende mostrar a los estudiantes y futuros científicos, ingenieros y profesionales de distintas áreas que los

modelos científicos son producto de investigaciones cuyos resultados facilitan las explicaciones de los fenómenos de la naturaleza y los libros de texto acercan a las ciencias a quienes empiezan su formación académica.

El trabajo se orientó a establecer una escala de confiabilidad en los libros de texto y páginas web seleccionados que incluyen en su contenido los modelos científicos citados. Para este fin se diseñó un instrumento donde se identificaron las afirmaciones medulares de los modelos científicos, en cada uno de los documentos inicialmente publicados por W. Kossel, G. N. Lewis y L. C. Pauling. Estas afirmaciones o aspectos medulares identificadas en los modelos científicos o “saber sabio” fueron unificadas en cuatro categorías para establecer la relación de confiabilidad de las afirmaciones encontradas en libros de texto o “saber a enseñar”.

Antecedentes

Chevalard (1998), desde la didáctica de las matemáticas, mostró que el saber sabio “savoir savant” presentaba diferencias con el saber a enseñar “savoir enseigné”. Respecto a lo publicado desde la ciencia, la transposición didáctica llevaría a formular en los libros de texto un saber “exiliado” o distante en mayor o menor grado, de sus orígenes. Los denominados saberes sabios provienen de estudios sistemáticos, rigurosos, lógicos y críticos que distinguen a la ciencia y la ubican en un estatus de cambiante (MARTÍNEZ LOSADA; GARCÍA BARROS, 2003). El progreso del conocimiento científico, llevó a la comunidad científica a aceptar, por consenso, diversas razones que pudieran divergir de las actuales razones. Esta dinámica del conocimiento demostró que el saber sabio no debe considerarse conocimiento verdadero ni absoluto. (VILLORO, 2008).

El saber sabio reconoce un proceso de transformación hacia un saber por enseñar que incluye múltiples metodologías de enseñanza descritos por modelos didácticos, lo que pone de manifiesto que la didáctica, al igual que las otras ciencias, es cambiante (CAMPANARIO; OTERO, 2000; CARVALHO, 2004; DEL RE, 2000; TOMASI, 1999). Estos modelos didácticos se presentan en los libros de texto como un conocimiento general que inciden en el proceso enseñanza-aprendizaje (CAMPANARIO; OTERO, 2000; GALLEGO TORRES; GALLEGO BADILLO; PÉREZ MIRANDA, 2006).

Adicionalmente, Kang y Kilpatrick (1992) advirtieron acerca del problema del uso del lenguaje en la Transposición Didáctica y mostraron la necesidad de incluir en el estudio la correspondencia lógica al usar términos científicos y términos cotidianos. Desde esta óptica se requiere involucrar, también, un estudio equilibrado acerca del uso del lenguaje científico y el lenguaje cotidiano (MORENO AMADO; SANABRIA ROJAS, 2005). Otras investigaciones como las presentadas por Alcocer (2004), Langui e Nardi (2005), Campanario (2001), Maturano, Soliveres e Macías (2002), Campanario (2003) y Martínez Losada y García Barros (2003) indican el interés de la comunidad sobre este fenómeno que Kuhn (1992) describió al afirmar que las realizaciones científicas que fueron aceptadas y reconocidas por la comunidad científica cuando son “relatadas” en los libros de texto, raramente se acercan al original ni son el original.

Por otro lado, los estudios sobre modelación en el aula, señalan a los modelos didácticos utilizados en el aula como aquellos que soportan los parámetros para diseñar los libros de texto que se divulgan como apoyo didáctico. Este trabajo de modelado es definido como la

materialización del denominado “fenómeno” que se quiere estudiar, así como la identificación de los grados de aproximación a los modelos científicos (FELIPE; GALLARRETA; MERINO, 2005). La confianza en los contenidos que presentan los libros de texto se debe a que estos pasan por diversas revisiones por parte de expertos quienes garantizan que dichos contenidos se han presentado de forma acertada para ser presentada a la comunidad académica, sin embargo, no son raros los errores conceptuales que se encuentran en ellos (CAMPANARIO, 2001).

Aspectos histórico- epistemológicos y modelos didácticos

La química que se concibió como ciencia desde el siglo XVIII y que tenía por objeto de estudio los cambios de las, entonces denominadas sustancias (MOORE, 1939) requirió del trabajo de los científicos que con su práctica investigativa y con sus resultados se dedicaron a contribuir al desarrollo de la ciencia; se han propuesto modelos acerca de los sistemas investigados con el fin de dar explicaciones de ellos. Estos modelos se han compartido en comunidad y son reconocidos por ésta como apoyo y fundamento para estudios posteriores (KHUN, 1992). Estos modelos científicos que han sido publicados en revistas especializadas son retomados y presentados por los autores de los libros de texto, para lo que diseñan e implementan modelos didácticos. (FELIPE; GALLARRETA; MERINO, 2005).

Los modelos son constructos humanos cuya representación inicial se encuentra en la mente de quien los elabora. Este constructo entra a dominio público una vez ha sido representado, y expresado por cualquier medio de comunicación (LOMBARDI, 1998). Este modelo comunicado, se denomina modelo expresado (FELIPE; GALLARRETA; MERINO, 2005). Estos modelos expresados son acogidos por diversos grupos para apoyar posteriores investigaciones que se designan como “modelos consensuados”. Si el grupo se acoge y acepta el modelo es la comunidad científica, este modelo se denomina “modelo científico”. (FELIPE; GALLARRETA; MERINO, 2005). Extendiendo lo anterior hacia la transposición didáctica presentada por Chevalard (1998), el saber sabio es el llamado modelo científico.

Por otro lado, los modelos elaborados con el propósito de hacer el objeto de trabajo en el aula se denominan modelos didácticos y se han clasificado desde diferentes perspectivas. Felipe, Gallarreta y Merino (2005) identifican los modelos según su naturaleza en icónicos a escala, icónicos esquemáticos, icónicos distorsionados, convencionales y analógicos y, según el criterio de elaboración, en: estructurales, dinámicos, icónicos, convencionales, modelos objeto, modelos teóricos, pictóricos y formales. También Tomasi (1999) los clasificó en cuatro categorías: modelos materiales, modelos físicos, modelos matemáticos y modelos interpretativos. Respecto a la frecuencia de uso, estudios recientes (SANABRIA, 2007) han identificado que los modelos didácticos más utilizados por la comunidad académica corresponden a los modelos icónicos, analógicos, simbólicos y descriptivos. Estos últimos cuatro modelos didácticos, se encuentran también entre los más utilizados en los libros de texto (FERNÁNDEZ GONZÁLEZ; GONZÁLEZ GONZÁLEZ; MORENO JIMÉNEZ, 2005) y fueron para el presente trabajo, parámetro para el análisis de la transposición didáctica de los modelos moleculares de W. Kossel, G. N. Lewis y L. Pauling.

Aspectos generales de modelos moleculares

Se puede afirmar que los trabajos presentados por Kossel y Lewis se encuentran entre los primeros estudios publicados respecto a la explicación sobre la formación de moléculas a inicios de siglo XX. W. Kossel, apoyado en los estudios sobre electricidad de Helmholtz, quien a su vez partió de resultados presentados por Benjamín Franklin. Por su parte G. N. Lewis se fundamentó en estudios que Benjamín Franklin hizo respecto a la electricidad estática. W. Kossel y G. N. Lewis, en trabajos independientes, propusieron que los átomos interactúan y se mantienen estables debido a las fuerzas electrostáticas existentes en los dipolos de electrones y protones que constituyen a los átomos. Por otro lado, a inicios del siglo XX, en 1900, Max Planck comenzó los estudios sobre mecánica cuántica, y abordó también, problemas sobre la estructura molecular y el fenómeno de enlace molecular. Buscó, describir las fuerzas que enlazan los átomos para formar una molécula (EISBERG; RESNICK, 2004). Los primeros trabajos sobre mecánica cuántica fueron el fundamento teórico para Linus Pauling quien, desde 1928, empezó sus estudios sobre enlaces químicos y que reunió en siete publicaciones sobre la naturaleza del enlace químico en el libro “The nature of the Chemical Bond” (PAULING, 1934). En la cuarta publicación, Pauling demostró que la energía de enlaces covalentes se podía hallar al sumar términos constantes que representan energía de enlaces sencillos obtenidos por valores experimentales de calores de formación y combustión de moléculas gaseosas y con el supuesto de la energía de formación de átomos aislados de una molécula a la que se puede asignar una estructura de Lewis.

Aspectos metodológicos

Con la presente investigación se propuso elaborar respuestas admisibles a la pregunta ¿cuál es la magnitud que identifica la confiabilidad en los libros de texto y páginas web, respecto a los artículos iniciales? El trabajo investigativo se inició con la indagación bibliográfica de los artículos en referencia que se publicaron inicialmente, aunque estos documentos no necesariamente son los originales, su publicación o traducción se acerca al original en contexto y en fechas. Una vez se han seleccionado los artículos iniciales, se hace una lectura minuciosa que proporcione un dominio conceptual y metodológico indispensable para precisar la mirada epistemológica. Los artículos seleccionados para el análisis fueron: “Molecule formations as a question of atomic structure” resumen traducido al inglés de “Uber molekulbildung als frage des atombaus” (KOSSEL, 1916), “The atom and the molecule” (LEWIS, 1916) y “On the nature of the chemical bond IV. The energy of single bonds and the relative electronegativity of atoms” (PAULING, 1932) que, de acuerdo con el resultado del análisis realizado, son los que recogen algunas propuestas de los científicos sobre modelos moleculares.

Para el estudio, primero se identificaron los que son considerados aspectos medulares acerca de la formación de moléculas. Luego se seleccionaron afirmaciones comunes que se agruparon en criterios y a su vez, criterios comunes se agruparon en categorías. Para el análisis comparativo entre lo presentado en libros de texto y lo publicado inicialmente, se diseñó un instrumento para catalogar los aspectos histórico-epistemológicos identificados que describen cada uno de los modelos científicos.

El estudio histórico-epistemológico de cada uno de los artículos originales condujo a la identificación de los aspectos caracterizadores que se codificaron y registraron en el instrumento mencionado. Es necesario aclarar que, además, se tuvo en cuenta la forma en que estos aspectos se presentaron, ya sea de forma analítico/descriptiva, simbólica, gráfica o descripción experimental. Para la codificación de los aspectos de los documentos iniciales se seleccionó la letra inicial del autor y un número consecutivo, así:

K_i, para cada uno de los *i* aspectos, previamente, identificados en el modelo de W. Kossel.

L_i, para cada uno de los *i* aspectos, previamente, identificados en el modelo de G. N. Lewis.

P_i, para cada uno de los *i* aspectos, previamente, identificados en el modelo de L. C. Pauling.

El registro de la información de acuerdo con el instrumento de análisis condujo a determinar, primero, si la unidad de análisis (libro o página web) mencionaba el modelo molecular en estudio, luego se evaluó si la unidad de análisis mencionaba cada una de las categorías y específicamente los criterios y aspectos identificados en el modelo científico.

Para realizar el análisis estadístico de la información presentada, de cada modelo, en libros de texto y páginas web fue necesario identificar el total de los aspectos caracterizadores en cada documento inicial y se ubicaron en el instrumento según los criterios propuestos a cada categoría seleccionada. Con base en esta información se asignó una escala arbitraria de mención de aspectos (EMA) para lo cual se distribuyó el 100% entre el número de categorías identificadas. Con el fin de determinar, estadísticamente, la “confiabilidad” de los libros de texto y páginas web respecto a los aspectos identificados en los documentos originales, se buscaron dichos aspectos en cada texto y se asignó el valor según una escala de ponderación (EP) y se relacionó con la escala EMA establecida.

La identificación de la unidad de análisis “libro de texto” se facilitó al utilizar los catálogos en línea de las bibliotecas de dos Universidades ubicadas en la ciudad de Bogotá, Colombia: de la Universidad Pedagógica Nacional y de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, donde se seleccionaron los 15 libros de texto objeto de este análisis, que correspondieron a los primeros cinco libros disponibles respectivamente para las materias Química General, Fisicoquímica y Química cuántica. Igualmente, se identificaron las 40 unidades de análisis “páginas web”, para lo cual se recurrió al motor de búsqueda Google, clasificado como el más utilizado. En este caso se digitaron las siguientes cuatro frases clave, también denominadas palabras clave: “modelo molecular”, “formación de moléculas Kossel”, “el átomo y la molécula Lewis” y “la naturaleza del enlace químico Pauling”. Se seleccionaron las diez páginas web más consultadas y que corresponden, en la fecha de investigación, a las primeras páginas expuestas en el buscador para cada una de estas palabras clave. La primera palabra clave se refiere al modelo científico y específicamente al modelo molecular, la segunda se dirige a lo presentado por W. Kossel; la tercera se utilizó para seleccionar las páginas web que incluirían el modelo que presentó G. Lewis en su artículo y la cuarta palabra para seleccionar las páginas que registraron el modelo presentado por L. C. Pauling.

Resultados y análisis

El análisis arrojó cuatro categorías extensibles a los tres artículos analizados, y estas son “categoría histórica”, “categoría epistemológica”, “categoría de resultados y análisis”, y “categoría conclusiones”. A su vez, las categorías se subdividieron en criterios. La categoría histórica se subdividió en dos criterios: “conceptos aceptados” y “otros avances en el concepto”, la categoría epistemológica se subdividió en dos criterios denominados “Supuestos” y “desarrollo de conceptos, planteamiento o hipótesis”, la categoría resultados solo incluye un criterio denominado “resultados y análisis” y, por último, la categoría conclusiones incluye el criterio “conclusiones”. En la categoría histórica se agruparon todos los aspectos como conceptos y avances que los científicos registraron como referentes u orígenes de sus trabajos investigativos. En la categoría epistemológica se presentan los supuestos en los que basaron los científicos para su teoría (modelo) y la metodología de trabajo seguida por ellos. Las categorías resultados y conclusiones presentan respectivamente los resultados obtenidos y agrupan las afirmaciones con las que los autores propusieron los modelos que más tarde serían aceptados por la comunidad científica.

Después de la revisión de los artículos científicos, se identificaron los aspectos modulares, que a manera de ejemplo, se presenta solamente un resumen del análisis realizado al documento inicial del publicado por Kossel y los aspectos codificados con símbolos K_L . Este protocolo es igual al seguido en el análisis a los documentos de Lewis y Pauling.

Modelo de Kossel

En la introducción del documento Kossel (1916) definió la periodicidad como el comportamiento más importante de las series de elementos y fundamento para el estudio de la estructura atómica. También señaló que debido a que las estructuras atómicas habían sido muy estudiadas, aceptó los estudios sobre absorción de rayos catódicos presentado por Lenard en 1893 y las leyes de espectros presentados por Röntgen en 1894. El trabajo de Kossel se centró en el tema de la formación de moléculas y las principales características que se pudieron describir. Como segunda parte de su artículo, Kossel presentó los supuestos o las ideas conocidas y aceptadas hasta la fecha, entre ellas, el cuanto eléctrico de Helmholtz, las unidades de valencia y disociaciones electrolíticas, la hipótesis de Van den Broek sobre el número total de electrones aprovechables en el átomo. Expuso que cada elemento consecutivo tendría uno o más electrones en cantidad superior al inmediatamente anterior, este supuesto de Van den Broek fue necesario para satisfacer los resultados de los estudios de dispersión de rayos de Röntgen. En resumen, Kossel aceptó las propiedades de valencia, las emisiones y la periodicidad de los elementos y en el tema de formación de moléculas, enunció que hasta la fecha era considerado el intercambio de electrones cuando había tendencias opuestas en el proceso.

A continuación, Kossel planteó la pregunta que surgió en su grupo de trabajo y que buscó identificar la columna de la tabla periódica donde se encuentran los elementos que abandonan y aportan los electrones. Mencionó que los metales alcalinos proporcionan un electrón con más facilidad por su mayor emisividad, mientras que los halógenos son elementos cuya tendencia es adquirir electrones, de los últimos afirmó que tienen una alta afinidad por los electrones libres. Asimismo, Kossel justificó, el intercambio electrónico desde la electrostática. Asumió como ejemplo, un átomo de halógeno y un álcali. El halógeno como un sistema cargado

negativamente y el álcali como un sistema cargado positivamente. Expresó que era posible que estas cargas aparecieran separadamente en los casos que las moléculas estuvieran ubicadas en un medio cuya constante dieléctrica fuera alta y que existiera una fuerza electrostática atractiva débil. Adicionalmente, afirmó que cuando el proceso se realiza de forma lenta tal que mantenga el equilibrio térmico, el halógeno va a retener un electrón mostrándose como un anión, mientras que el alcalino muestra un exceso de carga positiva y ambos perderán completamente sus propiedades químicas inicialmente mostradas en los átomos neutros. Este hecho se relacionó con las estructuras características de actividad química que mostró la tendencia de los átomos a buscar la estructura de los gases nobles. Kossel mencionó que los resultados eran acordes con los presentados por Drude acerca del número de electrones débilmente enlazados y que dan grados de dispersión de acuerdo con la teoría de valencia de Abegg. Por último Kossel concluyó que los átomos se enlazan como resultado de sus cargas elementales, y postuló que cada posición de valencia equivale a un electrón de valencia e interpretando la valencia como una función polar.

El análisis del documento inicial de Kossel llevó a identificar puntualmente los siguientes aspectos conceptuales que se agruparon en la Categoría Histórica:

- K₁. Elementos químicos.
- K₂. Periodicidad.
- K₃. Absorción de rayos catódicos.
- K₄. Espectros de rayos (pesos atómicos reportados).
- K₅. Fuerzas electrostáticas y electromagnéticas.
- K₆. Afinidad electrónica.
- K₇. Constante dieléctrica.
- K₈. Cargas intra-atómicas de Van den Broeks.
- K₉. Electrones de valencia.
- K₁₀. Número de enlaces de Drude.

Con estos aspectos conceptuales se hizo una subdivisión para identificar los criterios “conceptos aceptados” y “otros avances en el concepto”. Así, los aspectos codificados desde κ_1 hasta κ_7 se agruparon en el criterio denominado conceptos aceptados y los aspectos codificados desde κ_8 hasta κ_{10} se agruparon en el criterio denominado otros avances en el concepto y que se tabularon como se muestra en el Cuadro 3.

En segundo lugar, los aspectos condicionados al contexto epistemológico que se identificaron en la categoría epistemológica y fueron:

- K₁₁. Quantum Helmholtz.
- K₁₂. Disociación electrolítica: separación de moléculas.
- K₁₃. Consideraciones respecto a los electrones de valencia.
- K₁₄. La tendencia de los átomos a adquirir la configuración de un gas noble.
- K₁₅. No explícito, “emisividad” por electrones de metales alcalinos.

Estos aspectos se subdividieron en criterio supuestos K₁₁ y K₁₂ y en criterio desarrollo de conceptos, planteamiento o hipótesis K₁₃, K₁₄ y K₁₅. Estos últimos aspectos se relacionaron de acuerdo con la forma de análisis presentada en el documento inicial en: descriptivo/analítico, simbólico, gráfico y experimental. Como ejemplo, para el documento de Kossel los

aspectos codificados como K_{13} y K_{14} corresponden a análisis descriptivo/analítico y el aspecto K_{15} corresponde a análisis experimental.

En tercer lugar los aspectos identificados en la categoría resultados y análisis fueron (con análisis descriptivo):

K_{16} . Las características de los metales alcalinos siempre proporcionan un electrón con facilidad.

K_{17} . Los elementos de la columna 3B tienen 3 electrones que son cedidos fácilmente.

Por último, en cuarto lugar, los aspectos identificados en la categoría conclusiones fueron:

K_{18} . Los dos átomos que son enlazados como un resultado de sus cargas elementales son monovalentes y polar en vías diferentes.

K_{19} . Los halógenos construyen una configuración estable al unirse con los alcalinos intercambiando un electrón.

Modelos de G. Lewis y L. C. Pauling

Un procedimiento similar al análisis del documento de Kossel se llevó a cabo para analizar el artículo publicado por G. Lewis y el de L. Pauling y para abreviar, los resultados se presentan en los cuadros 1 y 2.

En total se identificaron 19 aspectos caracterizadores del modelo de Kossel, 33 aspectos del modelo de Lewis y 28 aspectos del modelo de Pauling, estos aspectos se agruparon por criterios en sus respectivas categorías (Cuadro 3).

Escala de mención de aspectos (EMA)

El instrumento de análisis contiene los códigos de los aspectos conceptuales identificados en cada documento inicial, y para cada uno se anotó si en el libro de texto o en la página web había mención o no de estos aspectos. La escala de mención (EMA) utilizada se muestra en la Figura 1. Adicionalmente, en los casos donde se encontró que había mención, se identificó el modelo didáctico empleado. La escala utilizada respecto a la mención se denominó y se ponderó con valores arbitrarios de la siguiente manera:

- **NO MENCIONA (NM)**: Cuando según el instrumento (libro de texto ó página web) se omite la referencia y los componentes asociados a los criterios de análisis. Para la ponderación se asignó un valor de 0%;

- **MENCIONA (M)**: Cuando según el instrumento (libro de texto ó página web), únicamente se enuncia el criterio. Para la ponderación se asignó un valor de 33,3%;

- **MENCIONA SOMERAMENTE (MS)**: Cuando en el instrumento (libro de texto ó página web) se hace referencia al criterio de análisis y su desarrollo no concuerda con los enunciados originales. Para la ponderación se asigna un valor de 66,6%;

- **MENCIONA CORRESPONDIENTEMENTE (MC)**: Cuando en el instrumento de análisis (libro de texto ó página web) se refiere a los criterios de análisis, y estos reconocen y se desarrollan los aspectos fundamentales, de forma concordante con los enunciados originales. Para la ponderación se asigna un valor de 100%.

Cuadro 1. Codificación de aspectos identificados en modelo científico de G. Lewis (L)

Código	Aspectos identificados en modelo científico de G. Lewis
L1	Valencia
L2	número de coordinación
L3	Tautomerismo
L4	Sust. Polares
L5	Bipolo
L6	Multipolo
L7	momento eléctrico
L8	Electrófilos
L9	constante dieléctrica (Baedeker)
L10	Atracción entre electrolitos
L11	“A magneton Theory of the Structure of the Atom”
L12	unidades, h
L13	El movimiento de Los electrones en las moléculas no polares, es restringido
L14	Los electrones en las moléculas polares se mueven más fácilmente
L15	En cada átomo (de Thomson) hay un “kernel” que posee carga positiva. Los átomos en
L16	el exterior se considera una “Shell” que contiene electrones negativos
L17	Dos celdas atómicas son mutuamente impenetrables
L18	Los electrones pueden moverse con facilidad desde una celda a otro
L19	Las fuerzas eléctricas entre partículas no cumplen la simple ley del inverso de la distancia al cuadrado
L20	Fórmulas químicas y reacciones
L21	Estructuras de moléculas fórmulas de puntos
L22	Relación grado de polaridad e intensidad del entorno polar
L23	Átomo cúbico. (Representación concreta de un concepto abstracto), pag 770 artículo
L24	Estructuras cúbicas de moléculas
L25	Estudios radiactivos (rayos X) de Moseley
L26	El “kernel” del átomo es la parte inalterable, se representa con el símbolo del elemento químico
L27	Reducción es incremento de e- y oxidación es disminución en N° e-
L28	Se introduce el elemento E: electricidad, para representar la molécula
L29	Ejemplos para introducir el símbolo E. $\text{Li}_2\text{SO}_4 = \text{Li}_2\text{SO}_4\text{E}_{32}$ disociación de sodio en: $\text{Na} + \text{E}$
L30	las cargas de los átomos varían, así el Br es + y - en Br_2 , en BrCl es + y en IBr es - fórmulas con dos puntos enlace sencillo
L31	Un modelo simple que representa la molécula ilustra la transición entre las sustancias polares y no-polares
L32	Desde un estudio de fenómenos químicos, se puede aprender la estructura y arreglo de los átomos, para encontrar la ley de fuerzas que actúa entre partículas cargadas a pequeñas distancias
L33	Se pueden construir modelos que ilustren la transición entre las sustancias polares y no-polares

Fuente: elaborado por los autores.

Cuadro 2. Codificación de aspectos identificados en modelo científico de L. C. Pauling (P)

Código	Aspectos identificados en modelo científico de G. Lewis
P1	Orbital del electrón (función de onda)
P2	Enlace covalente
P3	Resonancia
P4	Distancia interatómica
P5	Radios covalentes
P6	Estructura de Lewis
P7	Calor de formación
P8	Calor de combustión
P9	Función tipo Heitler-London
P10	Estados normal y excitado
P11	Electronegatividad
P12	Disociación electrolítica
P13	Fuerzas de Van der Waals
P14	Aditividad de la energía de enlaces covalentes
P15	Energía total de formación de moléculas se expresa como la suma de la energía de cada enlace
P16	Cantidad de energía de enlace permite localizar los átomos en “un mapa de electronegatividad”
P17	Si un átomo es más electronegativo que otro, la función de onda se puede formar por adición de la función de onda del enlace covalente con la función de onda del enlace covalente normal

Fuente: elaborado por los autores.

Escala de ponderación (EP)

Con base en los aspectos identificados se asignó una escala arbitraria para lo cual se distribuyó el 100% entre el número de categorías. Debido a que para los modelos en estudio se identificaron 4 categorías y para mantener fracciones equivalentes a cada una se asignó, un valor de 25% y dependiendo del número de criterios en cada categoría, se distribuyó cada 25% entre el número de criterios identificados (Tabla 1). Así, por ejemplo, para la categoría histórica se identificaron 2 criterios, cada uno tuvo, un valor de 12,5% y este nuevo valor se distribuyeron simétricamente entre el número de aspectos por criterio y cada criterio se ponderará. Para la ponderación se asumió el total con un valor de 10, así un criterio que se subdividió en 7 aspectos cada uno tendrá un valor de ponderación de 0,179.

El análisis estadístico ponderado de comparación simple de esta información condujo a determinar la confiabilidad de los modelos moleculares reportados en los libros de texto y páginas web estudiados.

Después del análisis de mención y utilizando la anterior escala de ponderación, se encontró que para el modelo de Kossel el 93,37 % de los aspectos son no mencionados, mientras que el restante 6,67 % de los aspectos, del modelo de Kossel, son mencionados en los libros

Cuadro 3. Clasificación en criterios de cada aspecto identificado en modelos científicos de Kossel, Lewis y Pauling, para análisis de transposición didáctica de los modelos moleculares en libros de texto y páginas web

Categoría	Criterio		Modelo		
			Kossel	Lewis	Pauling
Histórica	Conceptos aceptados		K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7	L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8, L9	P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13
	Otros avances en el concepto	tema o título (autor /año)	K8, K9, K10	L10, L11, L12	P14
Epistemológica	Supuestos		K11, K12	L13, L14	P15, P16
	Desarrollo de conceptos, planteamientos o hipótesis	Descriptivo/ analítico	K13, K14	L15, L16, L17, L18	P17
		Simbólico	N.A.	L19, L20	P18, P19
		Gráfico	N.A.	L21, L22, L23	N.A.
Resultados	Resultados y análisis	Experimental	K15	L24	P20
		Descriptivo	K16, K17	L25, L26, L27	P21
		Simbólico	N.A.	L28, L29, L30	P22
		Gráfico	N.A.	N.A.	P23, P24
		Experimental	N.A.	N.A.	P25
Conclusiones			K18, K19	L31, L32, L33	P26, P27, P28
Total de aspectos identificados			19	33	28

N.A.: No aplica.

Fuente: elaborado por los autores.

Figura 1. Escala de Mención de aspectos (EMA)

Fuente: elaborado por los autores.

de texto analizados, de los aspectos mencionados el 0,357 % de los aspectos son mencionados convenientemente (MC), 3,13% de los aspectos son mencionados someramente (MS) y 3,13% son mencionados (M), el correspondiente análisis se hizo para los modelos de Lewis y Pauling (Tabla 2).

Según la ponderación dada, en total un libro de texto que mencione convenientemente el modelo de Kossel o sea el 100%, debería mostrar una valoración total de 15000 (obtenida

Tabla 1. Escala de ponderación (EP) de los aspectos identificados y clasificados para los modelos moleculares

Categoría y ponderación (%)	Criterios, aspectos identificados por criterio y ponderación (EP) para cada modelo estudiado					
	Kossel		Lewis		Pauling	
	Nº criterios (y % c/u)	Nº aspectos (EP c/u)	Nº criterios (y % c/u)	Nº aspectos (EP c/u)	Nº criterios (y % c/u)	Nº aspectos (EP c/u)
Histórica (25)	2 (12,5)	7 (0,179 C/U)	2 (12,5)	9 (0,139 C/U)	2 (12,5)	13 (0,096 C/U)
		3 (0,417 C/U)		3 (0,417 C/U)		1 (1,25 C/U)
Epistemológica (25)	3 (8,33)	2 (0,417 C/U)	5 (5)	2 (0,25 C/U)	4 (6,25)	2 (0,31 C/U)
		2 (0,417 C/U)		4 (0,125 C/U)		1 (0,625 C/U)
		1 (0,833 C/U)		2 (0,25 C/U)		2 (0,31 C/U)
				3 (0,167 C/U)		1 (0,625 C/U)
				1 (0,5 C/U)		
Resultados (25)	1 (25)	2 (1,25 C/U)	2 (12,5)	3 (0,417 C/U)	4 (6,25)	1 (0,625)
				3 (0,417 C/U)		1 (0,625)
						2 (0,31 C/U)
Conclusiones (25)	1 (25)	2 (1,25 C/U)	1 (25)	3 (0,833 C/U)	1 (25)	3 (0,833 C/U)
Total	100%	19 (EP:10)	100%	33 (EP:10)	100%	28 (EP:10)

Fuente: elaborado por los autores.

al sumar todos los aspectos mencionados multiplicado por su correspondiente ponderación, este resultado se multiplicará por 100 que corresponde en la escala a la mención conveniente), El análisis muestran que en los libros de texto, para Kossel, únicamente la valoración llegó a 523,8, lo que equivale a 3,49% de confiabilidad (Tabla 3).

Tabla 2. Resultados de mención de los modelos moleculares en libros de texto y páginas web

Valoración (Escala EMA)	Ponderado de mención					
	Kossel		Lewis		Pauling	
	Libros	Web	Libros	Web	Libros	Web
NM (0,0)	93,37	78,75	94,3	90	90,96	89,77
M (33,3)	3,13	11,96	0,7	1,3	1,97	1,38
MS (66,7)	3,13	7,26	3,0	8,2	5,58	8,85
MC (100)	0,357	2,02	1,9	0,5	1,49	0
Total	100		100		100	

Fuente: elaborado por los autores.

Tabla 3. Resultados de confiabilidad de modelos moleculares en libros de texto y páginas web

Aspecto de análisis	Libros de texto			Páginas web		
	Kossel	Lewis	Pauling	Kossel	Lewis	Pauling
Valoración ideal de menciones	15000	15000	15000	10000	9167	2083
Valoración real de menciones	523,8	622,2	879,8	1085,3	583,3	132,5
Confiabilidad	3,49%	4,15%	5,87%	10,85%	6,36%	6,36%

Fuente: elaborado por los autores.

Conclusiones

De acuerdo al análisis de resultados obtenidos, se puede afirmar que los autores de los libros de texto y páginas web analizados, en un porcentaje superior al 95%, no tienen en cuenta a los autores de los modelos científicos y muestran los modelos científicos como únicos, ciertos, visibles y absolutos.

- Los modelos moleculares mencionados no corresponden a los propuestos originalmente, con lo que se reduce la posibilidad de identificar los supuestos y el desarrollo de un modelo científico para proponer en el aula nuevas investigaciones.

- En los libros de texto y páginas web se hacen combinaciones intrincadas de ideas, como se observa para el caso de los enlaces moleculares que generalmente se inicia con la tabla de electronegatividades y con esta referencia se explica el modelo de Lewis. Como se destaca en el artículo de L. C. Pauling, esta tabla fue desarrollada en 1932, dieciseis años después de la publicación del modelo molecular de Lewis.

- Los libros de texto y las páginas web utilizan terminología que hace entender que el concepto molécula y los conceptos relacionados son conocimiento definitivo, cierto, visible y absoluto. Algunos de estos términos identificados son: “la molécula es [...]”, “para representar la molécula de Lewis se debe [...]”, “en la molécula de F_2 se puede ver que [...]”, “como dijimos en [...] los elementos [...] forman iones [...] esto quiere decir que estos iones tienen [...]”, “cada átomo tiene [...]”. Estos conceptos, así expresados, llevan a que al finalizar cada capítulo, los ejercicios de lápiz y papel propuestos se direccionen al desarrollo del pensamiento concreto con conceptos abstractos como los modelos moleculares. Así, por ejemplo, ejercicios que en sus enunciados se registra “escribir las estructuras de Lewis”, se convierte en un trabajo repetitivo, de seguir reglas y pasos registrados en el respectivo capítulo. De acuerdo con los objetivos propuestos, se sugiere que para la actividad docente se realice un proceso de transformación de los contenidos y del lenguaje utilizado en los libros de texto para ser presentados en el aula de clase, por lo tanto, se recomienda analizar la transposición didáctica que se hace en el aula de cada tema disciplinar.

Referencias

- ALCOCER, L. et al. Presentaciones aparentemente arbitrarias de algunos contenidos comunes en libros de texto de física y química. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v. 3, n. 1, p. 98-122, 2004.
- CAMACHO GONZÁLEZ, J. P.; GALLEGRO BADILLO, R.; PÉREZ MIRANDA, R. La ley periódica: un análisis histórico epistemológico y didáctico de algunos textos de enseñanza. **Educación Química**, México, v. 18, n. 24, p. 278-288, 2007.
- CAMPANARIO, J. M. Metalibros: la construcción colectiva de un recurso complementario y alternativo a los libros de texto tradicionales basado en el uso de internet. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v. 2, n. 2, p. 155-176, 2003. Disponible en: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen2/REEC_2_2_5.pdf>. Acceso el: 4 nov. 2015.
- _____. ¿Qué puede hacer un profesor como tú o un alumno como el tuyo con un libro de texto como éste? una relación de actividades poco convencionales. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 19, n. 3, p. 351-364, 2001.
- CAMPANARIO, J. M.; OTERO, J. C. La comprensión de textos de ciencias. In: PERALES, F. J.; CAÑAL, P. (Ed.). **Didáctica de las ciencias experimentales**. Madrid: Marfil, 2000. p. 323-338.

CAMPOS, E. F. Transposición didáctica: definición, epistemología, objeto de estudio.

Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática, San José, v. 1, n. 2, p. 1-11, 2006. Disponible en: <<http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/cifem/article/view/6884/6570>>. Acceso el: 4 nov. 2015.

CARVALHO, A. M. P. Formación de profesores: es necesario que la didáctica de las ciencias incluya la práctica de la enseñanza. **Educación Química**, México, v. 15, n. 1, p. 16-23, 2004. Disponible en: <<http://www.educacionquimica.info/include/downloadfile.php?pdf=pdf756.pdf&download=1>>. Acceso el: 4 nov. 2015.

CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica**: del saber sabio al saber enseñado. 3. ed. [Buenos Aires]: Aique, 1998. Disponible en: <http://eva.universidad.edu.uy/pluginfile.php/460373/mod_resource/content/0/La%20transposicion%20didactica-chevallard.pdf>. Acceso el: 4 nov. 2015.

CUELLAR, L.; PÉREZ, R.; QUINTANILLA, M. La propuesta de Ernest Rutherford en los libros de texto en Colombia: un análisis desde la historia de las ciencias y la visión de transposición didáctica en ellos. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, p. 1-6, 2005, número extra. Disponible en: <http://www7.uc.cl/sw_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/linea_investigacion/Analisis_de_Contento_IAC/IAC_003.pdf>. Acceso el: 4 nov. 2015.

CUÉLLAR FERNÁNDEZ, L.; GALLEGO BADILLO, R.; PÉREZ MIRANDA, R. El modelo atómico de E. Rutherford: del saber científico al conocimiento escolar. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 26, n. 1, p. 43-52, 2008. Disponible en: <<http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/89256/297670>>. Acceso el: 4 nov. 2015.

DEL RE, G. Models and analogies in science. **HYLE: international journal for philosophy of chemistry**, Karlsruhe, v. 6, p. 5-15, 2000. Disponible en: <<http://www.hyle.org/journal/issues/6/delre.pdf>>. Acceso el: 4 nov. 2015.

EISBERG, R.; RESNICK, R. **Física cuántica**: átomos, moléculas, sólidos, núcleos y partículas. México: Limusa, 2004.

FELIPE, A. E.; GALLARRETA, S. C.; MERINO, G. La modelización en la enseñanza de la biología del desarrollo. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v. 4, n. 3, 2005. Disponible en: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART5_Vol4_N3.pdf>. Acceso el: 4 nov. 2015.

FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, J.; GONZÁLEZ GONZÁLEZ, B. M.; MORENO JIMÉNEZ, T. La modelización con analogías en los textos de ciencias de secundaria. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, Cádiz, v. 2, n. 3, p. 430-439, 2005. Disponible en: <<http://www.redalyc.org/pdf/920/92020310.pdf>>. Acceso el: 4 nov. 2015.

GALLEGO TORRES, A. P.; GALLEGO BADILLO, R.; PÉREZ MIRANDA, R. ¿Qué versión de ciencia se enseña en el aula?: sobre los modelos científicos y la didáctica de la modelación. **Educación y Educadores**, Cundinamarca, v. 9, n. 1, p. 105-116, 2006. Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83490108>>. Acceso el: 4 nov. 2015.

- GÁNDARA GÓMEZ, M.; GIL QUILÉZ, M.; SANMARTÍ PUIG, N. Del modelo científico de “adaptación biológica” al modelo de “adaptación biológica” en los libros de texto de enseñanza secundaria obligatoria. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 20, n. 2, p. 303-314, 2002. Disponible en: <<http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21814/21648>>. Acceso el: 4 nov. 2015.
- ISLAS, S. M.; GURIDI, V. M. El quehacer científico vs el quehacer aúlico: buscando rasgos del quehacer científico en libros de texto. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 17, n. 2, p. 281-290, 1999. Disponible en: <<http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21579/21413>>. Acceso el: 4 nov. 2015.
- KANG, W.; KILPATRICK, J. Didactic transposition in mathematics textbooks. **For the Learning of Mathematics**, White Rock, v. 12, n. 1, p. 2-7, 1992.
- KOSSEL, W. Molecule formations as a question of atomic structure. **Annalen der Physik**, Weinheim, v. 49, n. 3, p. 229-362, 1916. Disponible en: <<http://www.chemteam.info/Chem-History/Kossel-1916.html>>. Acceso el: 4 nov. 2015.
- KUHN, T. S. **La estructura de las revoluciones científicas**. México: Fondo de la Cultura Económica, 1992.
- LANGUI, R.; NARDI, R. Dificuldades interpretadas nos discursos de professores dos anos iniciais do ensino fundamental em relação ao ensino da astronomia. **Revista Latinoamericana de Educação em Astronomia**, São Carlos, n. 2, p. 75-91, 2005. Disponible en: <<http://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/60/50>>. Acceso el: 4 nov. 2015.
- LEWIS, G. N. The atom and the molecule. **Journal of the American Chemical Society**, Washington, v. 38, n. 4, p. 762-785, 1916.
- LOMBARDI, O. La noción de modelo en ciencias. **Educacion en Ciencias**, Buenos Aires, v. 2, n. 4, p. 5-13, 1998.
- MARTÍNEZ LOSADA, C.; GARCÍA BARROS, S. Las actividades de primaria y ESO incluidas en libros escolares: ¿qué objetivo persiguen? ¿qué procedimientos enseñan? **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 21, n. 2, p. 243-264, 2003.
- MATOZZI, I. La transposición del texto historiográfico: un problema crucial de la didáctica de la historia. **Revista de Teoría y Didáctica de las Ciencias Sociales**, Mérida, n. 4, p. 27-56, 1999. Disponible en: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/23934/1/num4_ivo_mattozzi.pdf>. Acceso el: 4 nov. 2015.
- MATURANO, C. I.; SOLIVERES, M. A.; MACÍAS, A. Estrategias cognitivas y metacognitivas en la comprensión de un texto de ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 20, n. 3, p. 415-425, 2002.
- MOORE, F. J. **A history of chemistry**. 3. ed. [S.l.]: McGrawHill, 1939.
- MORENO AMADO, M. La transposición didáctica en los modelos moleculares. **Revista Tecne, Episteme y Didaxis**, Bogotá, 2007, número extraordinario.

MORENO AMADO, M.; SANABRIA ROJAS, Q. A. Reflexiones sobre los estándares propuestos para ciencias naturales relacionadas con el fenómeno de corrosión y el concepto óxido-reducción. **Revista Tecne, Episteme y Didaxis**, Bogotá, p. 160, 2005, número extraordinario.

NARDI, R. Avaliação de livros e materiais didáticos para o ensino de ciências e as necessidades formativas do docente. In: BICUDO, M. A. V.; SILVA JUNIOR, C. A. (Org). **Formação do educador e avaliação educacional**. São Paulo: Editora Unesp, 1999. v. 4. p. 93-103.

PAULING, L. The nature of the chemical bond. IV. The energy of single bonds and the relative electronegativity of atoms. **Journal of the American Chemical Society**, Washington, v. 54, p. 3570-3582, 1932. Disponible en: <<http://ecourses.dbnet.ntua.gr/fsr/10586/Electronegativity.pdf>>. Acceso el: 4 nov. 2015.

SANABRIA, Q. A. **Modelos sobre disoluciones electrolíticas**: implicaciones en la formación inicial de profesores de química. 2007. Tesis (Magíster en docencia de la química) – Departamento de Química, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, 2007.

TOMASI, J. (1999) 'Towards 'chemical congruence' of the models in theoretical chemistry. **HYLE**: international journal for philosophy of chemistry, Karlsruhe, v. 5, n. 2, p. p. 79-115, 1999. Disponible en: <<http://www.hyle.org/journal/issues/5/tomasi.htm>>. Acceso el: 4 nov. 2015.

VILLORO, L. **Creer, saber, conocer**. México: Siglo XXI, 2008.

Artigo recebido em 11/03/2015. Aceito em 27/09/2015.

Dirección para contacto:
Carrera 7 # 40 - 79 Bogotá 1, Colombia.