

HISTORIA Y EPISTEMOLOGIA DE LA QUIMICA EN LA SELECCIÓN Y SECUENCIACION DE CONTENIDOS: LA CONSTRUCCION DEL CONCEPTO DE ATOMO

HISTORY AND EPISTEMOLOGY OF THE CHEMISTRY IN THE SELECTION AND SECUENCIATION OF CONTENTS : THE CONSTRUCTION OF CONCEPT ATOM

MG. CARLOS HUMBERTO ZULUAGA TRUJILLO¹

RESUMEN

La presente investigación aborda el problema de ¿Cómo el estudio de la historia y epistemología del conocimiento de la química nos permite diseñar una propuesta de secuenciación de contenidos? Dicho problema se justifica al reconocer las problemáticas asociadas al modelo de secuenciación tradicional de contenidos reconocido para la enseñanza de la química, igualmente al reconocer el aporte que puede hacer la historia y epistemología de la ciencia como marco de referencia en la generación de propuestas para renovar la enseñanza, aprendizaje y evaluación de las ciencias. Es así que se sugiere como hipótesis de trabajo que el análisis histórico epistemológico de la química permite la elaboración de una propuesta de secuenciación de contenidos. Para comprobar dicha hipótesis se propone la elaboración del análisis histórico epistemológico de uno de los conceptos fundamentales para el estudio de la química: el concepto de átomo. A partir del estudio de algunos historiadores y epistemólogos de la ciencia y de la química en particular, se definen unos criterios para el análisis epistemológico, que sirven para reconstruir la historia de formación del concepto átomo bajo un modelo que parte de las problemáticas que le dieron origen en la cultura grecorromana, hasta la consolidación de una teoría en 1808 por John Dalton. Lo anterior permite reconocer unos elementos que se configuran en un modelo de construcción del concepto, que llevado al aula se traduce en el diseño de una propuesta de selección y secuenciación de contenidos para su enseñanza.

PALABRAS CLAVE: historia y epistemología de la ciencia, enseñanza de la ciencia, historia del átomo, secuenciación de contenidos, análisis histórico - epistemológico.

¹ Magister en educación con énfasis en ciencias Naturales. Universidad del Valle.

ABSTRACT

The current research deals with the problem of: *How does the study of history and epistemology of chemistry knowledge make us possible to design a proposal for sequencing of contents?* This situation is justified when being aware of the problems associated to the traditional sequencing model of contents recognized for the teaching of chemistry as well as the contribution that the history and epistemology may provide as reference framework in the generation of proposals to update teaching, learning and evaluating of sciences. So it is suggested as a working hypothesis the historical epistemological analysis of chemistry allows the development of a proposal for sequencing of content. The development of historical epistemological analysis of one of the fundamental concepts to study chemistry: the atom's concept is proposed to prove this hypothesis. Some criteria are defined for the epistemological analysis from the study of some historians and epistemologists of the science and particularly chemistry, which help to reconstruct the history of the formation of the atom's concept under a model that goes from the problems which gave its origin in the Greco-Roman culture to the consolidation of a theory in 1808 by Dalton John. The situation above results in the design of a proposal of selection and sequencing of contents for teaching when recognizing some elements set in the model of construction of the concept.

KEYWORDS: History and epistemology of science, teaching of science, history of atom, sequencing of contents, historical-epistemological analysis.

INTRODUCCION Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La selección y secuenciación de los contenidos de enseñanza es una de las cuestiones fundamentales que se plantean en el campo curricular, su desarrollo implica reconocer unos criterios o principios lógicos para definir entre el conjunto de contenidos que hacen parte de una disciplina cuáles de ellos deben enseñarse, así como establecer relaciones entre ellos que permitan su organización y distribución en el tiempo. (Del Carmen, 1995) Particularmente en la química como disciplina de interés las propuestas de selección y secuenciación de contenidos reconocidas en los textos escolares, se caracteriza por presentar una secuencia común, con muy pocas variaciones, lo que lleva razonar que las propuestas de los textos en los cursos obedecen al mismo criterio o principio lógico. El primer propósito de este documento es reconocer dicho criterio y hacer una reflexión sobre

los aspectos problemáticos de esta propuesta de contenidos y secuenciación de los mismos.

Para identificar el criterio que rige la secuenciación de contenidos el análisis de los contenidos debe realizarse en dos sentidos: por una parte existe una coherencia entre las temáticas o contenidos conceptuales de tipo general del texto organizado en unidades, por otra parte, hay una coherencia entre los contenidos en el desarrollo interno de las unidades. A estos dos tipos de coherencia podemos denominarle en su orden coherencia vertical y coherencia horizontal acorde con algunos autores que utilizan en el mismo sentido el término (Del Carmen, 1995).

En la coherencia vertical se presentan unos contenidos conceptuales y una secuencia característica de los mismos que en la mayor parte de los textos sería la siguiente: La primera unidad es normalmente dedicada al estudio del concepto de materia sus propiedades y clasificación, la segunda unidad aborda el concepto de átomo y estructura de la materia, seguidamente se dan las unidades de tabla periódica, enlace químico, nomenclatura, reacción química, gases, sólidos, líquidos, soluciones, cinética y equilibrio químico.

En esta secuencia de contenidos se puede observar que la relación entre los mismos obedece a una lógica de presentación de lo particular a lo general es decir inductiva, es decir, de los conceptos fundamentales a los más generales. Algunos autores coinciden en que en esta lógica la presentación de la química se da del estudio de las características microscópicas de la materia a las macroscópicas es decir de lo micro a lo macro. (Martínez, 1993; Furió, 2000)

Al analizar la coherencia horizontal observamos los contenidos dentro de una unidad, por ejemplo en la unidad de materia se recogen los conceptos de propiedades de la materia, a partir de este se las propiedades generales y específicas a lo que le sigue la conceptualización de algunas de ellas como masa, peso, volumen, entre otros. Se reconoce en esta organización que la relación lógica entre los contenidos es de tipo deductivo es decir se parte del concepto general a lo particular.

Esta lógica de presentación de los contenidos si bien ofrece un orden en la presentación de contenidos y es comúnmente aceptada por los docentes presenta algunos aspectos problemáticos teniendo en cuenta las siguientes observaciones:

- Es conocido que las principales dificultades que se presenta en la comprensión de la química están relacionadas con la comprensión de los fenómenos químicos a nivel macroscópico y a nivel microscópico y de la falta de relación entre estos dos niveles (Gabel, 1998). Dentro de la lógica de presentación de contenidos tradicional se introduce al estudiante al conocimiento de la química desde la abstracta interpretación de la materia y sus fenómenos a nivel microscópico sin una clara relación con el mundo macroscópico que él reconoce, dificultando la comprensión de esta disciplina.
- Es evidente que los contenidos trabajados son en mayor medida de tipo conceptual, siendo aislados los contenidos de tipo procedimental y actitudinal. Frente a esto actualmente se reconoce desde la investigación educativa la importancia y necesidad de la introducción y articulación de los tres tipos de contenidos (procedimental, actitudinal y conceptual).
- Adicional a lo anterior desde la investigación educativa se resalta la necesidad de generar nuevas propuestas de selección y secuenciación de contenidos que atiendan aspectos fundamentales en la educación actual como las dificultades de aprendizaje que presentan los estudiantes, las relaciones de la ciencia con el entorno, y la formación de una imagen dinámica de la ciencia. La propuesta de secuenciación tradicional de la química desde la lógica que se plantea no logra responder en forma acertada a estos planteamientos.

De acuerdo con lo anterior es necesario reconocer un principio lógico que permita el desarrollo de propuestas de selección y secuenciación de contenidos de la química que respondan en mejor medida a las demandas de la educación actual.

Una de las líneas más fructíferas que ha permitido el desarrollo de propuestas alternativas en la enseñanza, aprendizaje y evaluación de las ciencias es la que trabaja sobre el estudio de la historia y epistemología de la ciencia como marco de referencia que puede generar propuestas para investigar, analizar, reflexionar, organizar, secuenciar y renovar la enseñanza, aprendizaje y evaluación de las ciencias. (Zambrano, 2006). En la química son numerosas los estudios que se han dado en este campo (Furió, 2000; Caamaño, 2003; Fernández, 2003; Zambrano, 2006 entre otros) la mayor parte de ellos resaltan su utilidad en la enseñanza al posibilitar al profesor reconocer las diferentes dimensiones del conocimiento

científico, ofrecer una imagen dinámica de la ciencia, resaltar las relaciones con el entorno, la tecnología y la sociedad, predecir obstáculos en el aprendizaje de los conceptos científicos, desarrollar estrategias de enseñanza, reducir el dogmatismo científico, motivar las clases, entre otros.

A pesar de lo anterior se cuenta con pocas investigaciones en cuanto a como la historia y epistemología de la química podría servir como criterio lógico en la elaboración de una propuesta de secuenciación de contenidos, lo que hace pertinente la pregunta sobre ¿Cómo el estudio de la historia y epistemología del conocimiento de la química nos permite diseñar una propuesta de selección y secuenciación de contenidos?

Dada la amplitud de esta cuestión en el presente trabajo se desarrolla a través de un concepto, en este caso el concepto átomo. La pertinencia de este concepto se ubica en que la comprensión del mismo se constituye en pieza fundamental que permite explicar cómo están constituidos los materiales, sus propiedades y los cambios que presentan, en particular los cambios químicos (Furió, 2000), siendo uno de los ejes centrales de la química y su abordaje imprescindible en el estudio de esta disciplina. Se plantea entonces investigar en forma particular ¿cómo la historia y epistemología en torno al concepto de átomo permiten elaborar una propuesta de selección y secuenciación de contenidos para su enseñanza?

METODOLOGIA

Para el problema de investigación planteado se asume como hipótesis que el análisis histórico epistemológico de la química permite la elaboración de una propuesta de secuenciación de contenidos.

Para efecto de comprobar esta hipótesis se plantea un diseño metodológico cualitativo que se desarrollaría a partir de los siguientes puntos:

1. Establecer unos principios para el análisis histórico epistemológico.
2. Elaborar un análisis histórico del concepto átomo con base en los principios epistemológico establecidos.
3. Plantear la secuencia de contenidos para la construcción del concepto átomo.
4. Desarrollar algunas conclusiones del proceso seguido.

1. Establecer unos principios para el análisis histórico epistemológico:

A partir de la lectura de algunos autores que han trabajado en la historia y epistemología de la ciencia como Bachelard (1979), Camguilhem (1968), Toulmin (1977) y Zambrano (2003) se logra extraer unos principios para el análisis histórico - epistemológico de los conceptos. Dichos principios que son necesarios para reconocer una forma de recoger la historia del concepto átomo desde una perspectiva que permita el análisis de su proceso de construcción se desarrollarían en los siguientes interrogantes:

- ¿Cuál es la problemática que da origen al concepto?
- ¿Qué conceptos y teorías se relacionan con la problemática y a que otras problemáticas responden?
- ¿Qué obstáculos se presentaron en el desarrollo de dichas problemáticas?
- ¿Qué procedimientos metodológicos, y experimentales permitieron el desarrollo de la problemáticas?
- ¿Qué hipótesis, teorías, modelos y/o planteamientos ofrecen una solución a las problemática original y a las problemáticas que se le relacionan?

Al observar las obras de diferentes historiadores de la química principalmente Van Melsen (1962), Asimov (1969), Navarro, Gonzales y Perdomo (1998), Bensaude y Stengers (1997) se reconoce como los datos históricos suelen agruparse en periodos, esta división puede hacerse dado que los hechos que hacen parte de un mismo periodo guardan unas relaciones dadas por las características del contexto que los diferencia de otros periodos. Es así que se plantea la siguiente periodización para la organización de los datos en torno a la historia del átomo:

- La concepción del átomo en la sociedad griega siglo VI a siglo II a.de.C.
- Las ideas atomistas en la alquimia, edad media y principios del renacimiento siglo II a. de.C- siglo XV.
- El estudio de los gases y la nueva concepción de los elementos siglo XVI – XVII.
- La teoría del Flogisto y el estudio de las reacciones químicas siglo XVIII.
- El planteamiento de la teoría atómica 1808.

2. Elaborar el análisis histórico del concepto átomo con base en los principios epistemológico establecidos

El análisis histórico epistemológico surge entonces al aplicar los interrogantes definidos para desarrollar el análisis histórico epistemológico del concepto en cada uno de los periodos en los que se dividió la historia del átomo.

2.1 La concepción del átomo en la sociedad griega siglo VI a siglo II a.de.C.

Se recoge la noción de átomo desde su problemática de origen. ¿Cómo explicar los cambios y transformaciones de la materia a partir de una conformación o estructura común a todos los materiales? (Asimov, 1969). En torno a esta problemática se plantean en su momento fundamentalmente tres hipótesis: la hipótesis de los elementos, la hipótesis elementos figura y la hipótesis atomista.

La hipótesis de los elementos sugiere que la unidad de la materia se da a partir de la existencia de un elemento fundamental que hace parte de toda forma de materia, Tales De Mileto postulo que el elemento podría ser el agua, Anaxímenes el aire, Jenófanes la tierra y Heráclito el fuego. Este último introduce el problema de explicar a partir de dicha constitución de la materia los cambios que experimenta considerando el cambio como una constante en la naturaleza. Contrario a esta visión Parmenides plantea eternidad e inmutabilidad del ser (materia) y la imposibilidad del no ser (vacío). Más tarde Anaxagoras y Empédocles buscan conjugar la posibilidad del cambio en la materia, que se observa a través de la observación con los sentidos y la unidad que implica la permanencia del ser, planteando dicha unidad de la materia en la unión o mezcla de los cuatro elementos que están sujetos a dos fuerzas el odio y el amor, lo que explica el comportamiento de ciertos materiales al combinarse con otros. Finalmente Aristóteles conserva el mismo esquema de los cuatro elementos y atribuye a cada elemento una serie de propiedades específicas que le son innatas: calor y sequedad originan el fuego; calor y humedad, el aire; frío y sequedad, la tierra; frío y humedad, el agua. Explicando a su vez la razón de los cambios en la materia a partir de estas propiedades.

La hipótesis elementos figura planteada por Platón acoge dicha unidad en los cuatro elementos ya mencionados y atribuye a ellos unas formas geométricas regulares. En esta hipótesis se considera la idea del vacío como el espacio donde se encuentran estos elementos con su figura particular. El tetraedro, el más sutil, el más agudo, es el constituyente del fuego; el octaedro, el del aire, que puede

descomponerse en dos tetraedros; el cubo, el de la tierra y el icosaedro, el del agua. (Van Melsen, 1960)

La tercera hipótesis planteada por Demócrito y Leucipo sugiere unas entidades infinitamente pequeñas e imperceptibles a los sentidos que se encuentran inmersas en el vacío se agrupan, mezclan y separan formando las diferentes variedades de materiales más conservando sus características de inmutabilidad y eternidad.

Estas hipótesis gozan de un alto carácter especulativo, carecieron de validación empírica ya que para la época aun no se consolida una forma de acercarse al conocimiento y validar el mismo. Sin embargo reflejan varias de las dificultades a las que se enfrentaría una visión corpuscular de la materia, algunas relacionadas con el contexto, las concepciones filosóficas, la necesidad de explicar no solo la estructura si no los cambios en la materia, la aceptación existencia del vacío y las dificultades de un acercamiento empírico al estudio de lo muy pequeño,

2.2 Las ideas atomistas en la alquimia, edad media y principios del renacimiento siglo II a. de. C- siglo XV.

La pregunta sobre la estructura de la materia continúa en el periodo conocido como la Alquimia, lo que se puede reconocer en la búsqueda de la transmutación de metales baratos en oro, el principal proyecto alquimista. Este proyecto parte de unos fundamentos, los planteamientos Aristotélicos. La hipótesis de los cuatro elementos y sus propiedades que desarrollo Aristóteles, permitía concebir la posibilidad de la transmutación de metales sencillos en oro, con un proceso de transformación y purificación. El partir de una hipótesis falsa sobre la constitución de la materia, sería el principal obstáculo en el alcance de su proyecto, pero será el medio para desarrollar un acercamiento empírico al estudio de la materia. En el proyecto fallido de la transmutación de metales en oro los alquimistas lograron identificar y aislar sustancias valiosas, entre ellos los ácidos minerales, trabajaron con metales, perfeccionaron materiales de laboratorio, elaboraron métodos de separación de mezclas, entre otros avances.

En relación con la concepción atomista en el periodo Alquímic solo se conocen los escritos de Averroes (1126 – 1198) donde se discutían los planteamientos Aristotélicos, Averroes planteaba la existencia de ciertos “mínimos naturales” que correspondían en su esencia a la conformación de los cuatro elementos, haciendo un aporte cercano al concepto de átomo y vinculando con doctrinas religiosas que

consideraban que estos “mínimos” eran aniquilados y recreados continuamente por la voluntad del creador.

2.3 El estudio de los gases y la nueva concepción de los elementos siglo XVI – XVII.

Con el despertar de la Europa del renacimiento, los movimientos sociales, políticos y económicos llevan a un especial interés sobre la ciencia. En este contexto el problema inicial que se reconoce desde los nacimientos de la ciencia en Grecia y que permite llegar a la concepción de átomo se puede relacionar con dos problemáticas fundamentales que se plantean en este periodo:

1. El estudio de los gases obedeciendo al problema ¿Como explicar el comportamiento de los gases? daría origen a los conceptos de materia, estados de la materia, vacío, y a la formulación de leyes empíricas sobre el comportamiento de los gases.
2. Por otro lado introducción el problema de ¿Como identificar cuáles son las sustancias más simples o elementos conforman la materia? Da lugar a las primeras definiciones experimentales de términos como mezclas, sustancias simples y compuestos y al planteamiento de un método experimental no especulativo que permite estudiar las sustancias e indagar en su diferenciación y composición

Los principales obstáculos en el desarrollo de estas problemáticas serán por una lado, la manipulación de los gases para su estudio; la aceptación de los gases como materia que posee un peso y ocupa un volumen; la identificación del vacío y la posibilidad de ser demostrado en la experiencia; la búsqueda de relaciones cuantitativas que permitan explicar el comportamiento de los gases; la elaboración de un modelo que permita explicar el comportamiento de los gases. De la mano de figuras como Pascal, Torricelli, Y Boyle se darán los fundamentos empíricos que permitirán el conocimiento de los gases: la elaboración del barómetro, que demuestra que el aire genera una presión y por tanto posee masa; las experiencias que evidencian la existencia del vacío, a partir de la medición de la masa del aire a diferentes alturas; las experiencias que cuantifican las relaciones entre masa, temperatura presión y volumen del aire. La elaboración de estos trabajos involucrara la generación de unos modelos que expliquen el comportamiento de los gases lo que dará lugar a los primeros modelos corpusculares de la materia como los planteados por Newton.

De otro lado el principal obstáculo en la identificación de los elementos fue consolidar un método que permitiera identificar los elementos por un método experimental y no por medio de meros razonamientos, en este aspecto se logra superar la concepción aristotélica de los elementos a través de una definición operativa de los mismos planteada por Boyle: un elemento sería aquella sustancia que no puede descomponerse en otras más simples. Lo anterior implica avanzar en el estudio de las sustancias, mezclas, métodos de separación, reacciones de síntesis y descomposición que permiten la identificación de varios elementos y el descarte de otros que eran considerados como tal.

En este periodo se dan los planteamientos anti- aristotélicos para dar respuesta al problema de explicar las propiedades físicas de las sustancias y la afinidad de algunas a combinarse entre sí y reaccionar a partir de una teorías sobre su constitución de las mismas. De la mano de figuras como Descartes, Pierre Gassendi, Sennert y Lemery se plantean los primeros indicios de una hipótesis de tipo atómico al problema mencionado siendo Newton una de las figuras más influyentes al proponer modelos mecánicos corpusculares para explicar el comportamiento de la materia.

2.4 La teoría del Flogisto y el estudio de las reacciones químicas Siglo XVIII:

En este periodo son decisivos estudios en dos campos fundamentales:

Por una parte el intento por dar una explicación a fenómenos como la combustión y la oxidación de las sustancias y buscar una relación entre dichos procesos ¿Como se explica la corrupción de los metales y la combustión de las sustancias? ¿Se relacionan estos dos fenómenos?

La pérdida de material tras la combustión y el cambio que presentaba era evidente. Una teoría que daba una explicación parcial a estos dos fenómenos era la teoría del Flogisto donde se planteaba que las reacciones de combustión y oxidación se dan por la presencia de una sustancia que carece de peso, los cambios se dan por el ingreso o el abandono de esta sustancia al mismo.

Esta teoría de carácter especulativo gozaba de una alta aceptación, la clave de una teoría que permitiera el desmonte de estos planteamientos se encontraba en

observar que las variaciones de peso de las sustancias sugerían que el flogisto tenía en algunas ocasiones un peso negativo, en otras un peso positivo así como en algunas carecía del mismo. El uso de la balanza, fue entonces fundamental y con el estudio sobre los gases permitió consolidar una teoría sobre la combustión de las sustancias a partir del oxígeno. Acompañado de lo anterior se generó la ley de la conservación de la materia.

Se hace clara entonces una forma de estudiar las reacciones químicas que sumado a los conocimientos de la época y planteamientos como los de Boyle sobre los elementos permitieron la identificación de gran cantidad de sustancias simples y compuestos, se hizo común el estudio de las reacciones químicas a partir de la medición de las proporciones de las sustancias reaccionantes y los productos.

Por otra parte y derivado de lo anterior se generan las cuestiones relacionadas con la búsqueda de una explicación a los procesos de combinación química, en cuanto a las proporciones en que se desarrollaban, el estudio de las reacciones químicas dirigiría el interés hacia la explicación de cuestiones como: Si un compuesto determinado estaba formado de dos elementos (o tres, o cuatro), ¿están esos elementos siempre presentes en este compuesto en las mismas proporciones fijas o pueden variar estas proporciones según el método de preparación del compuesto? Los planteamientos frente a esta pregunta se reconocen en la vieja disputa entre Berthollet y Proust que da lugar a la ley de las proporciones definidas de Proust, y a los estudios en busca de leyes de proporcionalidad en las reacciones químicas.

2.5 El planteamiento de la teoría atómica 1808

La cuestión que da origen a la teoría atómica es planteada por Dalton en su texto ¿Porque el agua no acepta la misma cantidad de cada gas es decir porque cada gas parece seguir un patrón diferente en la solubilidad que presenta en un líquido? Esta cuestión es planteada por Dalton encontraba como principal obstáculo la imposibilidad de pesar directamente los átomos, para comprobar que las variaciones en el peso de los mismos determinarían su solubilidad. A partir de análisis de reacciones de síntesis, descomposición y combinación de diferentes sustancias. Así como la toma de pesos relativos a partir de las proporciones que se combinan en las reacciones químicas lleva a Dalton a postular una teoría atómica de la materia que permitía explicar estos fenómenos y que era consistente con las observaciones derivadas de las leyes de proporcionalidad química plantada por Proust y por él mismo en la ley de proporciones múltiples. De esto se desprende que ligado a la

teoría atómica se encuentra el estudio de las leyes de proporcionalidad química, así como del comportamiento de los gases el trabajo en estos dos campos permite la consolidación de la teoría atómica.

3. Plantear la secuencia de contenidos para la construcción del concepto átomo

La problemática que origina la noción de átomo se reconoce desde los primeros planteamientos sobre la materia reconocidos en los griegos en búsqueda de un principio de unidad en la materia que permitiera dar cuenta de las transformaciones y diferentes variaciones observadas en la misma. La respuesta entonces se encuentra en una teoría de la constitución de la materia, la unidad de la materia está reconocida en el átomo y a partir del mismo se explican las interacciones de la misma y las múltiples variaciones que pueden presentar las sustancias. Mas para el desarrollo de esta pregunta como lo reconocimos en el análisis epistemológico fue necesaria la convergencia de dos líneas del desarrollo de la química.

Por una parte el estudio de los gases que permitió reconocerlos como materia, la identificación y reconocimiento del vacío, el establecimiento de relaciones entre las variables que le afectan y la cuantificación de las mismas que permitió al final la formulación de modelos corpusculares de la materia que pudieron luego extrapolarse a los líquidos y sólidos. Estos insumos permitieron fijar históricamente una hipótesis corpuscular de la materia como la propuesta por Descartes, Newton y Boyle.

Por otro lado el estudio de las transformaciones y cambios químicos que permitió la identificación de las sustancias y la clasificación de las mismas, al estudiar las reacciones y cambios de la materia se logra también diferenciar entre un cambio físico y químico, reconocer la conservación de la materia en los procesos químicos, y al intentar describir los mismos y cuantificarlos elaborar modelos representativos de estos procesos a escala microscópica.

El secreto como lo hizo Dalton estaría en poder lograr aplicar los modelos corpusculares de la materia que son concebibles desde el estudio de los gases, al estudio de las reacciones químicas en la cuantificación de las relaciones en sus reactantes y construir una teoría y modelo de cómo proceden los cambios químicos a escala microscópica.

Estas dos líneas se constituirían en los dos pilares sobre los que descansaría la secuencia didáctica propuesta. Que podrían ser estudiadas cada una en una serie de interrogantes relacionados entre sí que en su desarrollo recogen diversas temáticas, dichos interrogantes en analogía con un desarrollo histórico se corresponderían con aquellos cimientos teóricos que fueron construyéndose en el desarrollo del concepto.

Se plantean tres unidades para la construcción de la teoría atómica en el aula.

1. ¿Cómo son los materiales que nos rodean?

Para adentrarnos al estudio de la materia y su composición debemos partir del reconocimiento de nuestro entorno y los materiales que en él se encuentran. Un estudio general de las características de los materiales permite introducir el estudiante en el estudio de las sustancias, identificar las propiedades generales que se reconocen en los mismos y adentrarnos poco a poco de una forma muy experimental en propiedades específicas como la densidad, y estudiar las variaciones en el estado físico de las sustancias, en particular aquellas relacionadas con la temperatura (puntos de fusión, ebullición). Este primer acercamiento al estudio de las sustancias nos permitirá la exploración de las sustancias reconociendo las propiedades que en ellas se pueden encontrar y que permitirían diferenciarlas unas de otras. Para introducirnos en la segunda unidad al estudio de los gases.

Preguntas clave	Conceptos implicados	Procedimientos implicados	Intenciones educativas
¿Cómo son los materiales que nos rodean?	La materia, propiedades generales a los materiales: masa, peso, volumen. Estados de la materia	Observación, descripción, Medición de propiedades: pesos, masa, volúmenes. Formulación de preguntas.	Acercar al estudiante al estudio de los materiales de su entorno reconociendo unas propiedades generales de los mismos.
¿Cómo podemos diferenciar unos materiales de otros?	Propiedades específicas de la materia. La densidad.	Observación y descripción de sustancias en diferentes estados (sólido, líquido, gaseoso), planteamiento de problemas en relación a como diferenciar entre las	Diferenciar algunas sustancias presentes en su entorno a partir de una propiedad específica como la densidad. Reconocer otras propiedades inherentes a las

<p>¿En qué estados se presenta la materia y como varían?</p>	<p>Estados físicos de la materia. Efecto del calor sobre las sustancias.</p> <p>Calor y temperatura. Escala de medición. Ebullición, fusión, congelación, condensación, sublimación.</p>	<p>mismas (agua – alcohol, sal – soda). formulación de hipótesis, diseño de experimentos en la comprobación de hipótesis, emisión de conclusiones</p> <p>Observación y reconocimiento de cambios de estado de sustancias. Y las causas de los mismos un ejemplo es la olla a presión.</p> <p>Medición de temperaturas de fusión y ebullición, descripción, planteamiento de problemas, formulación de hipótesis, diseño de experimentos en la comprobación de hipótesis, emisión de conclusiones</p>	<p>sustancias como las organolépticas</p> <p>Reconocer los cambios de estado que se pueden presentar en las sustancias y el papel de la temperatura en los mismos.</p> <p>Reconocer la diferencia entre el calor y la temperatura. Identificar las propiedades específicas que se relacionan con la temperatura a la cual cambia de estado una sustancia.</p>
--	--	--	---

Tabla 1. ¿Cómo son los materiales que nos rodean?

2. ¿Cómo se explica el comportamiento de los gases?

Históricamente la manipulación de los gases fue la que permitió llegar a formular modelos corpusculares de la materia. A través de un fuerte componente experimental los estudiantes pueden hacer un estudio de los gases en el laboratorio que les permita construir un modelo discontinuo de la materia a nivel microscópico que posteriormente podrá ser utilizado para la interpretación de las reacciones químicas y de las propiedades de las sustancias.

Preguntas clave	Conceptos implicados	Procedimientos implicados	Intenciones educativas
-----------------	----------------------	---------------------------	------------------------

<p>¿Posee el aire masa? ¿El aire ejerce presión? ¿Es posible generar un vacío? ¿Cómo varía la presión atmosférica?</p>	<p>Gases, Características de los gases elasticidad, volumen, masa, el vacío, presión del aire, presión atmosférica.</p>	<p>Observación y descripción del comportamiento de los gases en algunas situaciones de la vida cotidiana. Elaboración de experiencias como la fabricación de un barómetro que permiten evidenciar la existencia del vacío la presión y la masa del aire. Planteamiento de problemas, formulación de hipótesis, diseño de experimentos en la comprobación de hipótesis y emisión de conclusiones</p>	<p>En esta primera serie de interrogantes la intención es evidenciar que el aire posee una masa, que ejerce presión, y la posibilidad de generar un espacio vacío, lo anterior permitiría interpretar fenómenos como el de la presión atmosférica y las variaciones que esta presenta con la altura.</p>
<p>¿Qué relaciones se pueden establecer en las variaciones entre el volumen, presión y temperatura de los gases?</p>	<p>Relación volumen y presión, ley de Boyle-Mariotte. Relación temperatura – volumen Ley de Charles. Relación presión volumen, Ley Gay Lussac.</p>	<p>Mediante experiencias y relacionando con situaciones cotidianas evidenciar las relaciones entre presión, volumen y temperatura. Elaborar gráficas que representen estas relaciones. Plantear problemas manejando tres variables manteniendo una de ellas constante.</p>	<p>Reconocer las principales variables que influyen en el comportamiento de los gases y establecer relaciones cuantitativas entre las mismas.</p>
<p>¿Cómo se explica la existencia del vacío y la capacidad de comprimirse de los gases?</p>	<p>Modelo corpuscular para explicar el comportamiento de los gases Teoría cinética de los gases.</p>	<p>Elaboración de modelos que permitan explicar la capacidad de los gases de comprimirse, la existencia del vacío, las variaciones en su comportamiento al alterar el volumen, la presión y la temperatura, representadas en situaciones cotidianas.</p>	<p>Establecer un modelo corpuscular de la materia que permita explicar el comportamiento de los gases.</p>

<p>¿Que otros gases diferentes al aire podemos estudiar y como obtenerlos?</p>	<p>El dióxido de carbono, el oxígeno y el hidrógeno, reacciones de síntesis.</p>	<p>Diseño y montaje de experiencias, que permiten la obtención y reconocimiento de otros gases diferentes al aire.</p>	<p>Identificar otras sustancias diferentes al aire en estado gaseoso que permitan extrapolar los modelos elaborados a su comportamiento en otras situaciones, como la producción de los mismos en reacciones químicas.</p>
--	--	--	--

Tabla 2. ¿Cómo se explica el comportamiento de los gases?

3. ¿Cómo se comporta la materia en sus transformaciones?

Un primer paso para acercarse al estudio de la diversidad de sustancias y ofrecer un orden a las mismas es la diferenciación y conceptualización a nivel macroscópico de las mezclas, los elementos y los compuestos, En este propósito convergen el estudio de las mezclas, la descripción y diferenciación que se presentan entre los tipos de mezcla, la separación de componentes a través de técnicas de análisis. Posteriormente viene la definición operativa y diferenciación entre compuestos y elementos, que está dada por el estudio de reacciones que permitan evidenciar el significado de lo que se conoce como sustancia simple, es decir, que no puede ser descompuesta y así diferenciarla de los compuestos.

La clave para abordar este estudio está en comprender macroscópicamente el cambio sustancial que se producía en una reacción química, relacionando las sustancias reaccionantes con los productos, incluyendo los gases. Reconocer la conservación de los elementos químicos y de la masa como lo demostró Lavoisier al plantear la ley de la conservación de la materia.

El estudio de las reacciones químicas sugerirá otras preguntas como la que propicio la controversia entre Berthollet y Proust y que llevó a la ley de las proporciones definidas, en cuanto a qué relaciones se pueden establecer entre las sustancias que participan en una reacción, y de qué dependen estas relaciones.

Un estudio de diferentes combinaciones químicas utilizando como principal instrumento la balanza puede llevar a evidenciar la ley de las proporciones definidas

y la ley de Dalton sobre las proporciones múltiples. Estos insumos pueden asociarse si se interpretan estos fenómenos a través de un modelo corpuscular de la materia lo que llevaría a la teoría atómica que propuso en su momento Dalton y que permitirá años la interpretación de diferentes fenómenos que se sumarán en la construcción del cuerpo teórico de la química.

Preguntas clave	Conceptos implicados	Procedimientos implicados	Intenciones educativas
<p>¿Cómo se presenta la materia en nuestro entorno?</p> <p>Como separar los componentes de una mezcla.</p> <p>¿Pueden descomponerse algunas sustancias en otras más sencillas?</p>	<p>Materia, mezclas, mezclas homogéneas o disoluciones, otras propiedades específicas: la solubilidad, mezclas heterogéneas</p> <p>Métodos de separación física, destilación, filtración, centrifugación, decantación, tamizado, Sustancias simples definición operativa.</p> <p>Reacciones de descomposición, Compuestos, elementos. Reacciones de síntesis. Ley de conservación</p>	<p>Observación y descripción de materiales.</p> <p>Preparación de mezclas homogéneas, preparación de mezclas heterogéneas.</p> <p>Interpretación de observaciones sugerencias de hipótesis a los fenómenos de solubilidad.</p> <p>Planteamiento de Problemas. Elaboración de hipótesis y diseños experimentales en la separación de sustancias implicadas en una mezcla. Identificación de sustancias puras en la separación de mezclas.</p> <p>Obtención de sustancias elementales a partir de la descomposición de compuestos, identificación de las propiedades diferentes de los reactantes y productos de este tipo de</p>	<p>111</p> <p>Reconocer en nuestro entorno que la materia se presenta habitualmente en forma de mezclas, las diferencias que se presentan entre las mismas y sugerir hipótesis en cuanto al comportamiento de las sustancias al mezclarse en forma homogénea o heterogénea.</p> <p>Utilizar las propiedades observadas en las sustancias para sugerir métodos de separar las mismas al estar comprometidas en una mezcla. Identificar los componentes últimos de una mezcla como sustancias que no pueden descomponerse físicamente en materiales más simples, es decir como sustancias.</p> <p>Demostrar la posibilidad de descomponer sustancias compuestas en otras mas simples a partir de reacciones químicas e igualmente de formar sustancias compuestas a partir de sustancias simples.</p>

<p>¿Qué relaciones se pueden establecer entre las sustancias participantes de una reacción?</p> <p>Que sucede al</p>	<p>de la materia.</p> <p>Ley de las proporciones definidas Proust</p> <p>Teoría atómica de Dalton</p>	<p>reacciones, mediciones de masas en el estudio de las reacciones.</p> <p>Elaboración de compuestos a partir de la reacción entre elementos, reacciones de síntesis.</p> <p>Planteamiento de problemáticas en el estudio de reacciones de síntesis notando una relación fija entre las proporciones de reactantes y productos, por ejemplo la oxidación del hierro, la observación de la constancia de esta relación a pesar de las variaciones de las cantidades lleva a la construcción de la ley de Proust, se elaborarían diseños experimentales en la comprobación de hipótesis con los estudiantes y formulación de conclusiones correspondientes con las leyes estudiadas.</p> <p>Elaboración de modelos que permitan explicar el comportamiento de la materia a nivel microscópico en los fenómenos físicos y químicos estudiados (estado físico, solubilidad, reacciones de combustión, oxidación, descomposición y síntesis) así como en la interpretación</p>	<p>Evidenciar la ley de la conservación de la materia en las reacciones.</p> <p>Establecer la ley de proporciones definidas a partir del estudio cuantitativo de las reacciones químicas bajo un diseño experimental</p> <p>Relacionar los modelos elaborados en la interpretación del comportamiento de los gases con los fenómenos químicos, las generalizaciones a las que se puede llegar en el estudio de</p>
--	---	---	--

interior de la materia en las reacciones químicas		de las leyes construidas en clase (ley de la conservación de la materia y ley de las proporciones definidas) Relación de este modelo con los postulados de la teoría atómica de Dalton.	los mismos, construyendo un cuerpo teórico para el estudio de las reacciones químicas. La teoría atómica de Dalton.
--	--	--	---

Tabla 3 ¿Cómo se comporta la materia en sus transformaciones?

CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES GENERALES

El análisis de la historia y epistemología del concepto átomo a partir de los interrogantes propuestos permite reconocer que el concepto se origina del problema de explicar los cambios y transformaciones de la materia a partir de una conformación o estructura común a todos los materiales. También nos permitió reconocer las problemáticas asociadas al desarrollo del mismo que implican el desarrollo de otros conceptos: la primera de ellas es la aceptación de los gases como materia lo que sugiere una forma de representación de la misma que da origen a los modelos corpusculares que explican su comportamiento y propiedades. La segunda de ellas es la construcción de los conceptos macroscópicos de mezcla, elementos y compuestos, en la que asistimos al nacimiento de la química como disciplina a partir del estudio e interpretación de la combustión y la formulación de leyes de proporcionalidad en las reacciones químicas. El gran mérito de Dalton está en consolidar una teoría que integra los modelos corpusculares de la materia generados en el estudio de los gases al estudio de las reacciones químicas lo que permite fundamentar las leyes de proporcionalidad encontradas en las reacciones químicas.

El conocimiento de estas problemáticas y la forma en que se superaron las mismas permiten elaborar una propuesta de secuenciación de contenidos donde se plantea la enseñanza del átomo en el aula distribuida en tres unidades, que a su vez se recogen en una serie de interrogantes cuyo desarrollo ofrecen un hilo conductor a la secuencia.

La validez de esta propuesta de carácter teórico dependerá de su aplicación a la enseñanza, que se espera llevar a cabo en una etapa posterior a esta investigación, donde se integren los resultados de la presente a los aportes derivados de otras

disciplinas en una propuesta de enseñanza aprendizaje y evaluación para el concepto de átomo en el aula

Con esta investigación se aporta en el enfoque que se puede dar en un análisis histórico epistemológico de los conceptos para el propósito de secuenciación de contenidos, así como en el desarrollo de una propuesta de contenidos alternativa a la secuenciación tradicionalmente reconocida en los currículos de química para la construcción de la noción de átomo en el aula.

BIBLIOGRAFIA

- Asimov, I. (1969). Una breve historia de la química. España: Alianza.
- Bachelard, G. (1979). La formación del espíritu científico. México: Siglo XXI.
- Caamaño A. (2001) la enseñanza de la química en el inicio del nuevo siglo una perspectiva desde España. Educación en química. (12)1, 7–17.
- Caamaño A. (2003). Enseñanza de las ciencias y el aprendizaje de la química. Enseñar Ciencias. España:Grao.
- Canguilhem, G. (1968). L'object de l'histoire des sciences. Études d'histoire et de philosophie des sciences. Paris: Vrin. 9-23.
- Coll, C. (1992). Los contenidos de la reforma. España: Santillana.
- Dalton, J. (1808). New system of chemical philosophy. Manchester: Bickerstaff.
- DelCarmen, L. (1995). Criterios para el análisis, selección, organización y secuenciación de contenidos educativos en el currículo. Aplicación en la secuenciación de los contenidos de biología en primaria. Tesis doctoral. Universidad de Girona.
- Fernández, M. (2000) Fundamentos históricos. Didáctica de las ciencias experimentales. España: Alcoy.
- Furió, C., Azcona, R., Domínguez, J. (2000). La enseñanza aprendizaje del conocimiento químico. Didáctica de las ciencias experimentales. España: Alcoy.
- Furió, C. (2005). ¿Es la historia y filosofía de la ciencia una herramienta básica en la formación del profesorado de química? Enseñanza de las ciencias. Número Extra. 15 – 32.
- Pozo, J.I., Gomez, M.A., Limon, M., Serrano, A. (1991). Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química. Madrid: Cide.
- SanMarti, N. (2000). El diseño de unidades didácticas. Didáctica de las ciencias

- Toulmin, Stephen. (1977). La comprensión humana. El uso colectivo y la evolución de los conceptos. Madrid: Alianza
- Zambrano, A. (2000). La relación entre el conocimiento del estudiante y el conocimiento del maestro en las ciencias experimentales. Colombia: Universidad del Valle.
- Zambrano, A. (2003). Cuestiones históricas y epistemológicas en torno a la enseñanza de las ciencias. En: formación del pensamiento científico. Colombia: Cátedra Icfes Agustín Nieto Caballero.

