Bases para la construcción de un cuerpo conceptual didáctico del desarrollo histórico - epistemológico de los conceptos estructurantes de la química[1]

Grupo de Investigación en Didáctica de la Química - DIDAQUIM

William Manuel Mora Penagos[2]
morawm@latinmail.com

Alvaro García Martínez[3]
alvgarciam@hotmail.com

Carlos Javier Mosquera Suárez[4]
cmosquer@hotmail.com

RESUMEN

En el artículo que se presenta a continuación, se perfilan los fundamentos conceptuales de una propuesta investigativa en didáctica de la química orientada al estudio de los conceptos estructurantes de la química, en la que se aplican categorías epistemológicas en el análisis de documentos elaborados por profesionales de la historia de la química bajo el enfoque social. Estos referentes, en una combinación coherente, han permitido el origen de una línea de trabajo en torno al estudio didáctico de los conocimientos disciplinares (línea investigativa en contenidos curriculares) que maneja el profesorado de química de educación media; generando elementos mínimos para la elaboración de una propuesta de programa de formación permanente de docentes que favorezcan el desarrollo profesional docente, desde la innovación y la investigación en el aula.

1 Este artículo es resultado del proyecto 111130-11-109-99. Contrato Nº 173-99. Estudio Didáctico en torno a los Conceptos Fundamentales de la Química y al Desarrollo Profesional de Docentes en Ejercicio. Financiado por convenio: COLCIENCIAS – Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico. Universidad Distrital.

2 Docente de carrera del P.C. de Ingeniería Forestal.
3 Docente de carrera del P.C. de Licenciatura en Química.
4 Docente de carrera del P.C. de Licenciatura en Química.

ABSTRACT

In the article displayed next, are presented the conceptual foundations about an investigative proposal in didactics of chemistry that is orientated to the study of structuring basic concepts of chemistry, in which epistemological categories are applied in the analysis of documents, elaborated by professionals of History of Chemistry under the social approach. These referents, in a coherent combination, have permitted the origin of a of a work line round the didactic study of disciplinal knowledge that are managed by chemistry teachers of middle education; generating minimal elements for elaboration of a proposal about the permanent formation of teachers who are working. This proposal is oriented to favor the professional teaching staff development, from the innovation and research in the classroom.

Palabras Claves:
Didáctica de la química, epistemología e historia de la química, unidad didáctica, trama conceptual, conceptos estructurantes, discontinuidad de la materia, cambio químico, cuantificación de las relaciones, formación permanente de docentes.

1. INTRODUCCIÓN

Diversos estudios relacionados con la investigación en enseñanza de las ciencias, concluyen en que la mayor parte del trabajo de los profesores de ciencias se centra en consultar bibliografía, y posteriormente transmitir, abundantes datos científicos. En este sentido, y como lo explicita Duschl (1997), al igual que la mayoría de los ciudadanos, los profesores tienen poco conocimiento "sobre" la ciencia y por tanto, enseñan muy poco "sobre" ciencia. Conocer "sobre ciencia" con fines didácticos, implica conocer los problemas que originaron la construcción de dichos conocimientos y cómo llegaron a articularse en cuerpos coherentes, conocer la metodología empleada, las interacciones ciencia/técnica/sociedad, tener conocimientos sobre desarrollos recientes, etc, (Gil 1993). Como se puede ver estos conocimientos deben ser propios de estudios de la epistemología y la historia de las ciencias en el contexto de las didácticas específicas.

La investigación en Didáctica de las Ciencias ha puesto de relieve que, si bien en los currículos de ciencias se sugieren "fundamentos epistemológicos", éstos casi nunca son considerados explícitamente por parte del profesor, haciéndose esto evidente en las concepciones epistemológicas subyacentes tanto en el currículo formalizado por escrito, como principalmente en el currículo oculto. La mayoría de los resultados de las investigaciones realizadas sobre las creencias y prácticas docentes reportan que estas son compatibles con posiciones realistas, empiristas y positivistas (Porlán,1993; Marx, et al 1998), posturas en gran parte debidas al tipo de formación convencional que en el nivel inicial o permanente reciben los profesores de ciencias (Mosquera y Mora 1997; Mora 1999; García y Mora 1999). La deficiencia de los sistemas de formación de profesores de ciencias y el impacto de la tradición social que describe el trabajo docente, refuerza la manifestación de lo que se ha denominado ideas docentes espontáneas producto de la "impregnación ambiental" en las aulas (Furió 1994).

Como estrategias tendientes a solucionar esta problemática la Didáctica de las Ciencias ha venido desarrollando diversas acciones tendientes a favorecer la formación permanente del profesorado, entendida como un proceso de "cambio didáctico" (Furió y Gil 1999), de cons-

trucción colectiva, innovadora e investigativa en lo curricular, contextual en el aula, dinámico y complejo respecto a la construcción de saberes y a la naturaleza de la escuela y consistente con las consideraciones actuales del aprendizaje de los estudiantes como cambio conceptual, metodológico y actitudinal, pero en este caso dirigido hacia el desarrollo profesional pedagógico - didáctico de los profesores de ciencias.

Un proceso de desarrollo profesional como cambio didáctico, sustentado en resultados de estudios de bases histórico - epistemológicos, se fundamenta en que esta perspectiva ha sido fuente constante de bases teóricas para entender los procesos de aprendizaje de las ciencias, ya que han permitido: a) identificar los cambios conceptuales y los obstáculos epistemológicos presentados en la construcción de conceptos; b) definir los conceptos estructurantes que pueden favorecer la superación de obstáculos conceptuales en los alumnos (ya que se ha podido evidenciar que el origen, existencia y evolución de las ideas científicas puede servir como opción que oriente el desarrollo de unidades didácticas, sin que ello implique asumir un paralelismo estricto entre el desarrollo del conocimiento científico con el aprendizaje de las ciencias); y c) presentar en las clases de ciencias argumentos que posibiliten discusiones sobre la producción, la apropiación y el control de los conocimientos en el ámbito social e individual, aspectos que se ha convertido en referencia obligada en el profesorado para privilegiar la construcción del conocimiento de sus estudiantes.

En el contexto disciplinar de la Didáctica de las Ciencias, es posible encontrar diferentes escuelas de investigación que han propuesto modelos explicativos del problema del aprendizaje como cambio conceptual fundamentados en criterios epistemológicos (Mora, 1997), entre ellos cabe destacar algunos como la "Teoría del Cambio Conceptual" (Posner et al 1982), "la teoría del Aprendizaje Generativo" (Osborne y Freyberg 1985); "La teoría del Constructivismo Humano" (Novak 1988), y "la teoría del Aprendizaje Alostérico" (Giordán 1989).

Estos modelos han sustentado sus bases teóricas de la comprensión de los procesos de cambio científico planteados por filósofos de la ciencia contemporáneos como Karl Popper, Imre Lakatos, Thomas Kuhn, Stephen Toulmin, y Gastón Bachelard. Recientemente las propuestas epistemológicas de otros autores como Larry Laudan, Ronald Giere, Robert Root-Bernstein, D., Shapere comienzan a ser objeto de aplicación en nuevos análisis del proceso de cambio científico que se han visto promisorios para la investigación en didáctica de las ciencias, esto lo podemos apreciar en trabajos como los de Anna Estany (1990)y, Richard Duschl (1997).

Para finalizar esta introducción y como presentación de las ideas que se desarrollarán a continuación hay que decir que este trabajo consta de varios apartados: inicialmente se presentan unos fundamentos epistemológicos basados en el modelo de dinámica científica propuesto por Estany (1990), el modelo de enseñanza de las ciencias desde el estudio de teorías científicas, y los criterios de evaluación de las teorías de Root-Bernstein, propuestos bajo el enfoque de Duschl (1997); la segunda parte tienen un referente desde la sicología del aprendizaje de las ciencias de Pozo y Gómez (1998), y la tercera es de naturaleza didáctica en la que se toma como ejemplo de investigación el concepto de cambio químico para el establecimiento de tramas conceptuales evolutivas (Martín del Pozo,1994; Mora 1999b; Carvajal, Vásquez, Lago, Mora, 2002), la ejemplificación de cuestionarios de identificación de ideas del profesorado (Suárez, Palacio, Peralta, Mora, 2002), y las recomendaciones para la elaboración de unidades didácticas.

2. HACIA UNA FUNDAMENTACION EPISTEMOLOGICA PARA UNA DIDACTICA DE LA QUIMICA

Desde las posturas epistemológicas de mayor consenso en la actualidad (Izquierdo,1996), también conocidas como "nueva filosofía de la ciencia" (Jiménez y Sanmartí 1997), el desarrollo del conocimiento científico se entiende mejor como cambios en las explicaciones de los científicos en relación con los "cómo" y los "por qué" funcionan las cosas, y no simplemente como meras descripciones "de" conceptos científicos. Por tanto, podemos reconocer las explicaciones científicas básicas como teorías científicas y los cambios que en ellas se presentan como cambios en las concepciones y los métodos en la composición de las teorías científicas.

2.1 El Modelo de Cambio Científico de Ana Estany

El estudio del cambio científico ha sido una preocupación de las investigaciones epistemológicas, particularmente en las últimas cuatro décadas en donde las distintas propuestas no solo han pretendido describir el cambio elegido sino también explicarlo.

Los modelos de cambio científico como el de "Conjeturas y Refutaciones" de Popper (1962), el modelo de Kuhn sobre el "Cambio de Paradigmas" (1962), el modelo de Lakatos de lucha entre "Programas de Investigación" (1978) y el modelo de Laudan acerca de las "Tradiciones de Investigación" (1978), en su condición de modelos estándar, únicos y universales, vienen mostrando que no se ajustan con precisión a cualquier cambio científico en los hechos históricos, dada su estructura rígida y su utilidad restringida solo a ciertos casos seleccionados por los mismos autores para mostrar su potencialidad; por otra parte, en la mayoría de referencias que emplean estos autores, lo hacen sobre casos relacionados exclusivamente en el campo de la física.

Estany (1990), en respuesta a estas críticas, dice no pretender modificar los anteriores modelos o generar una síntesis de ellos, tampoco proponer uno nuevo sino más bien ofrecer como solución una propuesta más flexible, que como ella misma lo dice, no es un modelo más sino una perspectiva para la construcción de modelos. En el prólogo de su libro, el profesor Jesús Mosterín anota la intencionalidad de crear mecanismos de construcción de tipos de modelos de cambio científico en un enfoque de metodología tipológica con distintos elementos para ser tenidos en cuenta en cada análisis, generando modelos "a la medida" para cada cambio científico y de esta manera poder adaptarlos más ajustadamente a cada especificidad en estudio; así, los modelos de Kuhn (1962), Lakatos (1978) y Laudan (1978) pasarían a ser tipos dentro de una tipología de modelos de cambio científico.

Los tipos tendrían como función ordenar los datos concretos de manera que éstos puedan describirse en términos que los hagan comparables, con el fin de que la experiencia obtenida en un caso, a pesar de su unicidad, se pueda emplear para revelar con cierto grado de probabilidad lo que se pueda esperar en otro caso. La construcción de una tipología de modelos de dinámica científica, dice Estany, significa que el conjunto de acontecimientos de la historia real de la ciencia es considerado como un elemento a clasificar y que, una vez construidos los tipos o categorías, cada acontecimiento particular de la historia de la ciencia ha de pertenecer a uno y sólo a uno de los tipos, no pudiendo quedar un solo acontecimiento sin pertenecer a los tipos descritos, por tanto:

> "...al considerar la historia de la ciencia como el conjunto de acontecimientos científicos, la construcción de una tipología de modelos de dinámica científica significaría una partición de la historia de la ciencia, de tal forma que: por una parte, las clases o

conjuntos resultantes de la partición se excluyen mutuamente y, por otra, la partición de la historia de la ciencia debe ser exhaustiva. (Estany,1990)

Estany opta por una tipología de naturaleza cualitativa que tiene como potencial la extensión y la complejidad en las descripciones pero sin descuidar en lo que son fuertes las tipologías cuantitativistas esto es, en explicación y en predicción. La autora sustituye el concepto de "cambio científico" a favor del concepto de "dinámica científica", pues dice que la palabra cambio da a entender una postura como la de Kuhn (1962) a la manera de revoluciones totales de la ciencia y que como no todos los cambios de las ciencias son totales o revolucionarios, debería plantearse otra opción que tampoco es la palabra "progreso", tal como lo plantearan Lakatos (1978) y Laudan (1978), ya que la ciencia no siempre apunta hacia el progreso. En cambio el concepto de "dinámica" da sentido a la elección racional de diferentes teorías tanto por análisis sincrónico de las mismas como por evolución de la teoría en un análisis diacrónico.

Según Estany (1990), los modelos de dinámica científica responden a dos presupuestos: distinción de elementos dentro del modelo y tipología de modelos.

Los elementos que constituyen un modelo de dinámica científica son:

- Las **Unidades Básicas**
- Los **Cambios Experimentados por las Teorías Científicas.**
- Los **Criterios de Actuación Racional.**

Las unidades básicas (ub) se refieren a la situación de un campo de conocimiento en un tiempo t, lo que hace de la historia de las ciencias una sucesión de unidades básicas.

Los elementos que estructuran **las unidades básicas** son:

- **Estructura de Cuerpo Teórico (ECT):** constituido por el conjunto de teorías, reglas, leyes, (en general por el conjunto de conocimientos sistematizados de un campo de fenómenos). El cuerpo de conocimientos a su vez puede ser:
  - **De estructura de Conjunto Compacto:** cuando posee unas leyes que son el centro del cuerpo teórico y que rigen en todo su campo científico, decidiendo cuando una hipótesis sobre un fenómeno pertenece o no al campo teórico en cuestión (ejemplo las leyes de Newton en mecánica).
  - **De Estructura de Dominio Ordenado:** cuando posee una regla que permita ordenar los elementos del campo de conocimiento lo que requiere de conceptos clasificatorios. (ejemplo la tabla periódica de los elementos).
  - **La Estructura de Correlaciones:** cuando se dan fenómenos siempre al mismo tiempo. (ejemplo la presencia del flogisto y las propiedades de ciertos cuerpos).
  - **La Estructura de Concepto Explicativo Preferente:** cuando posee un elemento o concepto en su ontología que interviene en la explicación de todos los fenómenos a los que se aplica el cuerpo teórico (ejemplo el flogisto).
- **La ontología del cuerpo teórico (O):** constituido por los elementos sobre los que se teoriza y a partir de los cuales se formulan las leyes. (en la teoría del oxigeno de Lavoisier sería la tabla de elementos)

- **El campo de aplicación (CA):** Es el conjunto de fenómenos que son explicados por el cuerpo teórico. En algunos casos se comprueba que a mayor campo de aplicación menor poder explicativo de una teoría.

- **Los principios metodológicos (M):** abarca todos los principios que actúan como guías metateóricas y que marcan cómo ha de realizarse la investigación. Las guías son más precisas en cuanto más avanzado sea el estado de una disciplina científica.

- **Los instrumentos y técnicas (I):** entre mayor disponibilidad de estos mayor el poder explicativo de las teorías, aunque provengan de otros campos científicos.

Además de estos elementos de las unidades básicas existen otros que pueden hacer parte del cuerpo teórico tales como las **"teorías de apoyo"** y las **"teorías colaterales"** y que si bien no son necesarias para la estructuración de las unidades básicas, juegan papel importante en la fundamentación del cuerpo teórico.

- Las teorías de apoyo subyacen a la unidad básica sin pertenecer a ella y es un argumento a favor de la confirmación de las teorías del cuerpo teórico.

- Las teorías colaterales son las que están entre dos campos científicos, teniendo puntos de contacto entre ellas.

Estas diferentes opciones de estructuras del cuerpo teórico y de sus interrelaciones con los demás elementos de las unidades básicas dan oportunidad para la construcción de tipologías de unidades.

¿Cuándo una disciplina experimenta un cambio? cuando cambian las teorías; pero ¿cuándo sabemos que ha cambiado una teoría? cuando hay cambios significativos; pero ¿Qué es un cambio significativo?

Los cambios experimentados por las teorías científicas son uno de los elementos de los modelos, siendo necesario el estudio de las unidades básicas para detectar dichos cambios. Se considera la historia de la ciencia como la sucesión de unidades básicas, y al analizar sincrónicamente una disciplina en dos tiempos distintos t_1 y t_2, obtendremos la construcción de dos unidades básicas, si estas son iguales se puede decir que no ha habido cambio, pero si éste ocurre la estructuración de las unidades básicas será distinta.

Para Kuhn (1962) y Lakatos (1978) los cambios significativos se dan cuando hay cambio de paradigma o de programa de investigación, pero no admiten los cambios pequeños al interior de los paradigmas o de los programas de investigación respectivamente, ya que éstos se reducen o a resolver rompecabezas o a ampliar la heurística positiva. A diferencia de Kuhn (1962) y Lakatos (1978), Laudan (1978) sí admite como cambio científico los cambios al interior de las tradiciones de investigación que no implican la variación de todos los elementos de las unidades básicas de manera que se presentaría cambio con la variación de al menos un elemento.

En el nuevo enfoque plantado por Estany (1990), un cambio significativo supone el paso de una estructuración de una unidad básica a otra, pero, ¿cuándo consideramos que hay unidades básicas distintas, o ¿qué tiene que cambiar para que tengamos un cambio significativo? La respuesta de Estany es que dos unidades básicas no son iguales si tienen, por lo menos, un elemento distinto, es decir que basta con que cambie el cuerpo teórico, la

ontología, el campo de aplicación, la metodología o sus instrumentos para que se produzca una nueva unidad básica. Por tanto la siguiente pregunta sería: ¿cuándo se presenta un cambio significativo a nivel de cuerpo teórico, de ontología, de campo de aplicación, de metodología o de sus instrumentos?

Para responder a esto, Estany (1990) establece que la decisión está en los **criterios de actuación racional** para la elección de las teorías. Para ella, un cambio significativo de unidades básicas podría también estar en función de la presencia de relaciones distintas entre los elementos que componen las unidades básicas e inclusive en el cambio de papel jugado por elementos en el conjunto de dichas unidades.

La tipología de cambios en una unidad básica está expresada en variables según:

- El número de elementos que cambian en el paso de una unidad básica $(ub)_1$ a otra $(ub)_2$:
  - Cambios totales (C_t) en los que cambian todos los elementos de la unidad básica.
  - Cambios parciales (C_p) en los que cambia uno o varios de los elementos de la unidad básica.

- El cambio de cuerpo teórico que puede estar en función de:
  - Cambios de estructura (C_e): cambios más allá de un cambio de cuerpo teórico.
  - Cambio de cuerpo teórico pero no de estructura (C_m)

- Las clases de elementos que cambian y las relaciones entre ellos, pudiéndose generar:
  - Cambios de predominio (C_d): como la variación de importancia de un elemento a otro y en que todos los elementos se interpretan en función de uno.
  - Cambios de relación (C_r): como aquellos en que cambian la relación entre dos o más elementos.

Estany (1990) advierte que esta tipología es combinatoria y que por lo tanto un cambio puede ser visto a la vez desde los tres grupos anteriormente descritos, así un cambio puede ser al mismo tiempo C_p, C_e, C_r.

Los criterios a tener en cuenta en la elección entre teorías en competencia han sido fundamentales en los modelos de Kuhn (1962), Lakatos (1978) y Laudan (1978). Para Kuhn (1962), los criterios han sido considerados como de orden irracional (al considerar que los científicos se mueven por motivos psicológicos, sociológicos o políticos cuando tienen que elegir entre teorías); Lakatos (1978) distingue entre criterios racionales e irracionales según se trate de factores internos o normativos y de externos o irracionales que resultan ser de carácter social; para Laudan (1978) tanto los factores externos como los internos son racionales, posición que comparte Estany (1990).

En la racionalidad del proceso científico se distinguen los siguientes puntos (**criterios de actuación racional**) que conectan la racionalidad con el progreso científico, y conectan el contexto de justificación con el contexto de descubrimiento:

- La actuación racional de los científicos como individuos al tomar decisiones, dependiendo de fines o bien cognitivos o por factores externos. Sin embargo la racionalidad no se puede juzgar por las actuaciones de los científicos ni como individuos ni como colectividad.

- Los criterios de evaluación de las teorías a partir de los cuales se puede decidir qué teoría es mejor. Así una teoría es mejor que otra si:
  - Si se hace progresar el campo de estudio al que se aplica.

- Si hay guías a seguir para el progreso de las ciencias como los que proponen Kuhn, Lakatos o Laudan (ejemplo la consistencia, la amplitud de su poder explicativo y la simplicidad).
- Posee conceptos metateóricos como: explicación científica, ley, hipótesis, confirmación, predicción, etc.

- El aspecto descriptivo y el aspecto normativo: En el modelo de dinámica científica y a diferencia de los modelos de Kuhn, Lakatos y Laudan, los aspectos normativos y descriptivos están conectados a la relación entre historia y filosofía de la ciencia, siendo descriptivo al tomar la historia para la construcción y evaluación a partir de la propuesta de tipologías y normativo para dar criterios de actuación racional de orden cognitivo (y no exclusivamente por fines psicológicos, religiosos o económicos) para la elección entre teorías.

Desde un punto **descriptivo**, la actuación de un científico o comunidad científica **será más o menos racional según el grado de ajuste existente entre fines propuestos y medios empleados**, y **desde un punto de vista normativo**, la actuación racional estará en **función de los criterios de evaluación de teorías que serán los fines en las decisiones a tomar en la elección entre teorías en competencia**.

Aunque Estany (1990) entrevé la posibilidad de proponer una tipología de criterios de racionalidad decide concluir que:

> "no es posible la construcción de tipos de criterios de actuación racional ya que éstos no tendrían una base relevante de distinción".

Estany (1990) concluye respecto de su propuesta que:

- En cuanto a las tipologías de modelos: "la tipología de modelos de dinámica científica sería el resultado de las combinaciones de las subtipologías de estructuración de las unidades básicas, de los cambios y de las repercusiones que los criterios de evaluación de teorías puedan ejercer sobre las unidades básicas y sobre los cambios".

- En cuanto a la relación entre la historia de la ciencia y la filosofía de la ciencia: "la filosofía no puede actuar al margen de la ciencia, sino que debe tenerla como punto de referencia. Sin embargo, la filosofía de la ciencia no puede atarse a los casos históricos pensados a la hora de construir modelos metateóricos, bien sea en el contexto de justificación o en el contexto de descubrimiento".

- Con relación a la lógica de justificación y la lógica de descubrimiento, se anota que la lógica del descubrimiento no puede prescindir de la lógica de la justificación ni a la inversa.

- Con relación a los aspectos descriptivos y normativos de los modelos de dinámica científica se sostiene que: "el pensar que la historia es la que marca totalmente los modelos de dinámica científica, viéndose éstos como reconstrucciones racionales de la historia, lleva a sobrevalorar los aspectos descriptivos de los modelos en perjuicio de los normativos". "En el nuevo enfoque, con la introducción de una tipología de modelos de dinámica científica, hace posible evitar tanto las normas a priori como la mera descripción sin poder explicativo"

- Con respecto a los límites que puede tener los modelos de dinámica científica en su poder explicativo se resaltan:

- No poder aportar un número definido de variables que de una forma automática explique por qué se da o no se da un cambio en una disciplina determinada.
- Capacidad de predicción, pues un modelo solo proporciona y analiza el conjunto de variables que confluyeron en un hecho histórico, pero no pretende hacer predicciones de lo que ocurrirá en el futuro.
- No se puede medir el progreso aunque se pueda definir dicho progreso.
- Se tienen elementos para poder valorar el poder explicativo de una teoría pero no se puede medir el grado de poder explicativo.

- Algunas explicaciones que pueden proporcionar los modelos de dinámica científica son:

  - A través de las tipologías se pueden clasificar los cambios y sistematizar así el crecimiento de la ciencia.
  - Se puede comparar el progreso experimentado por dos distintas disciplinas o por una misma disciplina en épocas distintas.
  - Proporciona criterios para decidir qué sistema teórico tiene mayor poder explicativo.
  - Permite establecer hechos después de ocurridos.

Aunque el modelo de Anna Estany (1990) no fue propuesto con fines específicos de dar respuesta a problemas de la enseñanza de las ciencias si resulta sugestivo para las investigaciones didácticas de la química no sólo por el hecho de haber propuesto como caso ejemplificante de aplicación de su tipología de modelos de cambio científico el campo conceptual de la química, sino por el hecho de proponer una tipología de modelos de cambio que se adaptan a distintos tipos de contextos conceptuales y teóricos que son nucleares para entender la evolución de la química como ciencia moderna. El modelo de dinámica científica nos permite plantear el cambio conceptual no como cambios radicales, "excepcionales" o "paradigmáticos" únicamente sino asociados principalmente a cambios "rutinarios" o graduales en un paradigma vigente, también nos permite aplicar elementos tanto de la historia interna (lógica de las ciencias) y elementos de la historia externa (sicológicos, sociológicos, metafísicos, etc)

Las categorías propuestas nos permiten explicar el cambio científico a través de la evolución de los conceptos de la química más estructurantes, entendidos estos como parte fundamental de cuerpos teóricos y no como conceptos simples. Las categorías seleccionadas son un cuerpo de elementos comparativos entre teorías juzgando el mérito de por que los cambios conceptuales, estos criterios permiten determinar el papel del juicio personal de los científicos que le han permitido elegir entre teorías alternativas.

2.2 Renovación de la Enseñanza de las Ciencias

Con el ánimo de hacer cada vez más comprensible y aplicable las ciencias en educación media, se hace necesario, que ésta no se base únicamente en la enseñanza de contenidos de carácter enciclopédico, sino que por el contrario, se destaque la construcción del conocimiento y los procesos que éste implica. De esta forma Duschl (1997) plantea su proceso de reestructuración basado en el estudio de las teorías científicas, con lo cual confía en que éste permitirá generar una imagen más real de la ciencia en los estudiantes para así aclararles cuestionamientos tales como: ¿Qué es y qué no es la ciencia?, ¿Qué puede y qué no puede explicar ésta?, ¿Qué reglas y procedimientos siguen los científicos?, ¿Qué ocurre cuando los individuos no siguen dichas reglas?, ¿Qué deben esperar los individuos y la sociedad de las ciencias y qué expectativas son inadecuadas?.

Para lograr este fin, este autor parte de un referente epistemológico que se debe dar a la enseñanza de las ciencias, enfatizando en todos los procesos de producción y de desarrollo de las teorías científicas, lo cual implica comprometerse, con la base fundamental del desarrollo del conocimiento de la ciencia, así como con el conocimiento sobre la ciencia. Esto hace necesario que se tome como parámetro fundamental el desarrollo del conocimiento científico, no solo la ciencia como un resultado, sino además, la implicación del estudio de las teorías que se refutaron, se desplazaron, se mejoraron y evolucionaron y el proceso que se dio para que estos casos se dieran.

Para la renovación de la enseñanza de las ciencias desde este punto de vista se hace indispensable tomar en cuenta dos disciplinas que ocupan el estudio del conocimiento, tanto de la ciencia como del conocimiento sobre la ciencia. Por un lado, esta la filosofía científica, que toma sus bases en la epistemología, es decir, en los procesos por los cuales sabemos y cómo sabemos lo que sabemos, y el estatus de dichos procesos o bien llamada ontología. Por otro lado, estaría la historia de las ciencias; mediante ésta es posible construir una lógica para la construcción de las ideas científicas; esta lógica está condicionada por otros factores de tipo contextual que son propios de cada momento.

Se hace necesario pues dividir el conocimiento científico en categorías para analizarlo y categorizarlo, para lo cual se plantea la posibilidad de un análisis y evaluación de teorías científicas. "Estas categorías o partes pueden ser utilizadas por los profesores como esquemas útiles para el diseño de una intervención que relacione los conceptos científicos" (Duschl 1997). De esta manera Duschl plantea que el conocimiento procedimental es el conocimiento de la forma y función; es el conocimiento de las heurísticas y estrategias que se utilizan para aplicar, analizar, sintetizar y evaluar el conocimiento declarativo de una disciplina dada: los hechos, principios, teorías y explicaciones de la disciplina.

Estas necesidades planteadas por Duschl pueden ser enfrentadas con propuestas como la presentada por Estany. Así para llegar a comprender una teoría científica es necesario identificar la secuencia lógica, empírica, histórica y sociológica de los objetivos que los investigadores en su momento llegaron a trazarse, esto daría como consecuencia una escala donde se avanza a medida que se logran establecer más relaciones entre las diferentes informaciones que se poseen. Establecer la importancia que tiene el estudio de las teorías científicas, analizando su origen, procesos de evolución y procesos de cambio, elementos esenciales en la reinterpretación de la ciencia misma, es cada vez más una imperiosa necesidad; la historia de la ciencia nos permite indagar qué hay en el desarrollo de una teoría que la distingue de las demás explicaciones, permitiendo establecer su status en un momento histórico determinado, y qué factores internos o externos la llevan a caer en desuso, o la catapultan hacia el éxito.

Con el ánimo de explicar o caracterizar el desarrollo del conocimiento en ciencias Richard Duschl (1997) introduce seis modelos epistemológicos relacionados entre si, los cuales son:

a) Jerarquía de objetivos de la ciencia
b) Niveles de las teorías
c) Pautas argumentativas para analizar teorías
d) Cuatro criterios para evaluar las teorías
e) La red triádica
f) El proceso tripartito de observación

El denominador común de estos modelos es que centran su atención en las teorías y tienen a su vez un doble propósito, es decir como esquemas de conocimiento procedimental para guiar a la enseñanza y al aprendizaje, y como medio de proporcionar una explicación mas precisa y válida de la empresa científica.

La **jerarquía de los objetivos de las ciencias** coloca las teorías dentro de un esquema general que busca establecer explicaciones del mundo natural y comprenderlo. Aquí se destaca un nivel de complejidad de mayor a menor grado en el caso de la comprensión científica, las explicaciones científicas, las teorías científicas, los modelos científicos/leyes y los datos/hechos. Esta jerarquía muestra, según Duschl, la categoría de los enunciados teóricos en ciencias, a la vez que la necesidad de someter a análisis las evidencias para descubrir relaciones entre ellas.

El segundo esquema es el de los **niveles de las teorías**, las cuales son de tres tipos, las centrales (aquellas que no tienen rivales), las fronterizas (confirmadas, pero con anomalías por resolver) y las marginales (especulativas y sin confirmación). Los tres niveles de las teorías proporcionan un contexto educativo que se puede utilizar para distinguir las etapas de desarrollo de diferentes conclusiones importantes en un momento dado para un campo de la ciencia y su respectiva contrastación.

La **validación de las teorías** con argumentos de Ronald Giere, propone que la teoría conduce a una serie de razonamientos o argumentos, siendo posible analizar la teoría a partir de la validez de estos argumentos, los cuales se juzgan de dos formas posibles; la primera, examinando la veracidad de las premisas y la segunda examinando la coherencia del conjunto de premisas. Se toman como elementos básicos o premisas para este fin, la hipótesis (H), condición inicial o hechos conocidos (CI), conocimiento básico o ideas centrales de la ciencia, que la hipótesis nunca ha de refutar (CB) y las predicciones o conclusiones sobre un sistema real (P). La evaluación con argumentos, donde se juzga verdadera o falsa una hipótesis teórica, nos ayudará a identificar la estructura de la teoría y sus etapas, y cómo ésta se mantiene frente a las pruebas, así sea compleja e intrincada. Además se podrá identificar que generalmente no se rechaza toda una teoría sino partes de esta.

En cuanto a los **cuatro criterios para juzgar las teorías** de Robert Root-Bernstein, las teorías se pueden juzgar con base en cuatro criterios fundamentales; los lógicos, los empíricos, los sociológicos que se constituyen en la fuerza externa al cambio de teoría y los históricos que son la fuerza interna al cambio de teoría. El análisis puntual de cada uno de estos cuatro criterios debe clarificar por qué son esenciales para la evaluación de las teorías y por qué nos sirven para la toma de una decisión didáctica.

Los criterios lógicos deben analizar y evaluar que la teoría posea una idea sencilla y unificadora, coherencia lógica interna, que sea teóricamente falsable y claramente delimitada por enunciados explícitos; todo esto refleja en la educación que los conocimientos científicos son producto de la relación mente-mundo y no del simple azar. Los criterios empíricos de evaluación de la teoría se centran en describir los datos cuantificables y observables que son validos para verificar las pruebas de la teoría. El esquema de los cuatro criterios empíricos sostiene que la teoría debe ser verificable hacia el futuro y hacia el pasado, hacer predicciones que estén verificadas, ser reproducible, y proporcionar criterios para la interpretación de los datos como hechos, artefactos, anomalías o datos improcedentes (datos anómalos); esta ultima característica, es muy importante como factor impulsador de cambio capaz de hacer reflexionar al científico acerca de las teorías centrales cuando su numero aumenta demasia-

do. Mostrar esto en la educación conduce a tomar conciencia de los mecanismos de cambio conceptual en las teorías y a mostrar el papel auxiliar de la tecnología en la obtención más objetiva de datos de nuestro entorno. La ciencia no funciona de manera aislada, igualmente los científicos no trabajan ni investigan sin influencias externas (comunidad científica). Según esto, la validez de una teoría se determina con base a estos cuatro criterios sociológicos: resolver problemas reconocidos, plantear problemas nuevos para que la comunidad científica los trabaje, proponer paradigmas o modelos de resolución de estos nuevos problemas, y proporcionar definiciones o conceptos útiles para resolver problemas venideros. Los tres criterios históricos permiten afirmar que el desarrollo del conocimiento científico ha seguido un camino que establece claramente su desarrollo para superar y satisfacer todos los criterios establecidos, contribuir con el status epistemológico adquirido de las teorías previas, y ser coherente con las teorías auxiliares que ya establecieron una validez científica.

En síntesis, los cuatro grupos de criterios (lógicos, empíricos, sociológicos e históricos), proporcionaran a los profesores y alumnos la posibilidad de evaluar la coherencia lógica interna, la reproducibilidad de los experimentos, el intercambio académico e intelectual de la comunidad científica y el acrecentamiento del status epistemológico a través de la historia de cada una de las teorías existentes.

Los modelos expuestos anteriormente harían suponer que los cambios de compromiso teórico se dan en masa, eliminando la idea de cambios progresivos, significativos e independientes al nivel de teorías, de metodologías, y de objetivos. Por esto, Duschl (1997) utiliza dos nuevos modelos que le permiten identificar cada uno los procesos de cambio de teoría: la red triádica de Laudan y el proceso tripartito de observación.

La **Red triádica de Laudan**, según Duschl, sugiere que el desarrollo del conocimiento no está dominado exclusivamente por los compromisos teóricos y sugiere trabajar en tres niveles de compromiso: con las teorías (t), con las metodologías (m) y con los objetivos (o), y se basa en que cada uno evoluciona ajustándose y justificando a los otros dos. Dicho proceso se describe con base a una serie de condicionantes que interrelacionan cada uno de los niveles; por ejemplo, los objetivos justifican la metodología y armonizan teoría, la metodología justifica la teoría y muestra su factibilidad con los objetivos, y finalmente la teoría restringe la metodología y se armoniza con los objetivos.

La red triádica nos sirve para observar las teorías en una posición más cercana a sus cambios y menos holística, también nos permite identificar las etapas de consenso y desacuerdo que han surgido en el desarrollo de las teorías científicas, además nos permite valorar más el papel educador de los cambios en los objetivos y metodologías de la comunidad científica. Duschl (1997) propone que se pueden aplicar los argumentos y los criterios a cada una de las partes o compromisos del conocimiento. De manera adicional, para los objetivos se deduce que los procesos internos (criterios de evaluación históricos), generan objetivos internos, mientras que los aspectos externos (criterios de evaluación sociales), generan objetivos externos, guiados por la ciencia, la tecnología y la sociedad.

En cuanto al **proceso tripartito de observación**, este modelo propone estudiar los cambios que se presentan en la forma de lo que es observar científicamente, y por tanto, cómo nosotros aceptamos algo como evidencia, como dato. Para ello el modelo divide la observación en tres partes: teorías acerca de la fuente de información, teorías acerca de la transmisión de la información, y teorías acerca del receptor de la información. Todo lo anterior está ligado a si se tiene información previa o no, lo cual permite identificar los cambios en el pro-

ceso de observación, y generar conciencia de la cara inicial de la ciencia (origen y desarrollo). Además, estas partes nos ayudan a deducir y reconstruir los métodos y objetivos usados por el científico, porque nos acercan a la manera como observó éste en su momento.

A continuación, se presenta la estructura general propuesta por Duschl (1997) acerca del modelo epistemológico, que se ha descrito en este apartado y que puede verse con detalles y ejemplos en los capítulos 6 y 7 de la obra citada (en los cuales se aplica a casos de química, física, ciencias de la vida y de la tierra).

Análisis de las teorías			
Hto	Hipótesis teórica	CI	Condiciones iniciales
CB	Conocimiento básico	P	Predicciones
Cambio de teoría - Observación tripartita			
TF	Teoría de la fuente	TR	Teoría del receptor
TT	Teoría de la transmisión		
Cambio de teoría - red triádica			
Ct	Compromiso teórico	Co	Compromiso con los objetivos
Cm	Compromiso metodológico		
Niveles de las teorías			
Tc	Teoría central	Tm	Teoría marginal
Tf	Teoría fronteriza	Nh	Nuevo hecho
Cuatro criterios para la evaluación de la teoría			
L	Criterios lógicos	S	Criterios sociológicos
E	Criterios empíricos	Dam	Datos anómalos
H	Criterios históricos		

En resumen, Duschl (1997) esboza cómo se pueden usar los seis modelos epistemológicos para seleccionar y secuenciar las unidades didácticas de ciencias, y pide reconocer que estos esquemas establezcan unas líneas generales que los profesores de ciencias podemos seguir para planificar la enseñanza; a su vez proporcionan unos esquemas de conocimiento procedimental a los estudiantes para que reconozcan problemas al establecer relaciones significativas y perfeccionen su forma de aprender, ya que estos esquemas abordan las dos caras de la ciencia. "Gracias a estos esquemas epistemológicos contamos con un potente mecanismo para seleccionar y secuenciar el contenido de la enseñanza de las ciencias" (Duschl 1997).

Para este proceso de renovación de la enseñanza de las ciencias toma como eje las teorías científicas, las cuales las define como aquellas que representan las opiniones mejor razonadas de los científicos para explicar la naturaleza y los fenómenos naturales. Las explicaciones que debemos dar a nuestros estudiantes en términos del desarrollo del conocimiento científico, tomando como referencia la historia de la ciencia, "se definen con más precisión con los términos revisión, modificación, sustitución y alteración".

Al hacer un análisis de los planteamientos expuestos, se observa que no se establece si los modelos epistemológicos se han de usar en su totalidad para el estudio de una teoría, es

decir, si esto es pertinente y lógico. Frente a este punto el autor no realiza la aplicación de todos los modelos a una teoría, pero no se sabe si es por la falta de pertinencia o por otra razón no explícita. Otro punto de vista desde el cual se puede analizar, es que al no aplicarlos en su totalidad al análisis de una teoría en particular es lo que le da el carácter flexible, lo cual no implica que deban emplearse todos.

3. FUNDAMENTOS DESDE LA SICOLOGÍA DEL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS

Pozo y otros (1991) han identificado tres nociones o estructuras conceptuales generales, que estarían, por un lado, emparentadas con los esquemas operatorios formales de Inhelder y Piaget y, por otro, conectarían con las concepciones específicas de los alumnos sobre la química. Estos tres núcleos estarían relacionados respectivamente con: la comprensión de **la materia como algo continuo, la conservación de las propiedades no observables** y la **cuantificación de relaciones**, Conceptos que determinan a su vez aquellos que son centrales para la química fundamental como son el **Cambio Químico y Afinidad**, de los cuales se derivarían otras muchas nociones más específicas, lo que permitiría establecer jerarquías de dificultades.

Estos autores sostienen que la noción de discontinuidad es fundamental para comprender e interpretar como está formada la materia y sus propiedades (los estados en que se presenta, los cambios de estado, difusión y disolución, en la interpretación de estos procesos, la noción de partícula nos va a permitir explicar el cambio de unas sustancias en otras como reordenación de átomos de las sustancias participantes), la conservación es necesaria, junto con la anterior, para comprender las transformaciones físicas y químicas, y la cuantificación para la representación cuantitativa de las leyes físico - químicas y a su aplicación práctica.

Dentro de las principales concepciones alternativas sobre la **discontinuidad de la materia** encontradas por Gómez y Pozo (1992) se destacan: Atribuirles características animistas, no están en continuo movimiento, no hay vacío entre las partículas, atribuirles propiedades macroscópicas, alteraciones en la distribución, proximidad y orden de las partículas, no pesan, atribuirles propiedades macroscópicas (poseen las mismas propiedades del sistema del que forma parte), no se conserva la forma, el tamaño o el número de partículas, no hay interacciones, creación de fuerzas que explican el comportamiento de las partículas.

En la cuantificación de relaciones el problema principal se da al establecer relaciones cuantitativas entre las masas y los volúmenes y el número de partículas implicadas ya que esas partículas son muy pequeñas y no pueden medirse y seleccionarse en pequeñas cantidades, por lo que es necesario medir un gran número de ellas; lo que hace necesario el concepto de Mol. En general los cálculos químicos necesitan de razonamiento proporcional.

Una parte importante de los contenidos para la enseñanza de la química está relacionado con los cambios físico - químicos que se suceden en las transformaciones de la materia. Para comprender estos fenómenos, los estudiantes deben asumir la existencia de ciertas entidades conceptuales (energía, materia, carga eléctrica, etc) que permanecen a menudo estables a lo largo de un proceso, a pesar de los cambios aparentes que tienen lugar en la materia. **La conservación de las propiedades no observables asociadas a los cambios o transformaciones de la materia** resultan difíciles de ser entendidos por los estudiantes, impo-

sibilitando en el peor de los casos, que se llegue a alcanzar la visión de la naturaleza como un sistema en equilibrio dinámico. Algunas ideas de los estudiantes sobre conservación de la materia son: entender la conservación de la masa y de la sustancia como problemas independientes, la conservación o no de la materia depende de las características observables del sistema, explican lo cambia en el sistema no lo que permanece, aparecen interpretaciones de los cambios en términos de transmutación y conservación de la sustancia con pérdida de masa.

Desde esta contextualización, propuesta por Pozo y otros (1991), también se asume que el aprendizaje no se debe entender como un simple cambio de un concepto por otro sino que el aprendizaje significativo obedece a un cambio de significado de redes de conceptos que conforman las "teorías o paradigmas personales". El cambio conceptual asumido relaciona la sicogénesis con la ontogénesis del conocimiento reconociendo que existe cierto paralelismo entre la manera en que los científicos construyeron las teorías y la manera en que los estudiantes construyen sus teorías personales. Este paralelismo a su vez es determinado por el contexto de aprendizaje y el grado de dificultad de las tareas escolares que le son suministradas desde las propuestas curriculares, por parte de los docentes.

4. LA CONSTRUCCIÓN DIDÁCTICA DEL CONCEPTO DE CAMBIO QUÍMICO

Rastrear y analizar los conceptos estructurantes: discontinuidad de la materia, cambio químico y cuantificación de las relaciones, utilizando las categorías epistemológicas propuesta por Estany (1990) y Duschl (1997) (ver anexo 1) en los distintos periodos de la historia de la química implica contextualizarlos en la rivalidad de distintas teorías químicas, así en el periodo de la antigüedad están (Atomismo vs. Elementismo), en la edad media (Alquimia - Iatroquímica), entre los siglos XVII al XVIII (la primera revolución química: Flogisto vs. Oxígeno), en siglo XIX (Teoría atómico molecular vs. Equivalentismo), en el mismo siglo pero en química orgánica (segunda revolución química: Teoría Dualista de Berzelius vs Teoría Unitaria de Laurent), (teoría de los Tipos vs teoría Estructural), y finalmente en el siglo XIX (las teorías Precuánticas vs. Las teorías Cuánticas).

El desarrollo Histórico y Epistemológico del concepto de **Cambio Químico** en el paso de la Teoría del Flogisto a la Teoría del Oxígeno con el fin de elaborar instrumentos de detección de ideas didácticas del profesorado lo podemos ver en el trabajo de Herrera, Pérez, Sánchez, Mora (2001). En el que se pudo establecer que el concepto de cambio químico en el periodo de disputa entre la teoría del flogisto de Stalh y la teoría del oxígeno de Lavoisier, explican científicamente fenómenos tales como la Combustión y la Calcinación, entre otros. En ese periodo se presenta una **tipología de cambio parcial** y progresivo respecto al estado intermedio presentado con Priestley pero de **tipología de cambio total o revolucionaria** si se compara el salto desde la que es considerada como primera gran teoría de la química (teoría del flogisto de Stahl) respecto de la teoría del oxígeno de Lavoisier. En este cambio radical, cambian todos los elementos del cuerpo conceptual inicial, así que se presenta un **cambio de metodología y de instrumental** de laboratorio (al pasar del uso del fuego y la retorta, asociados a métodos cualitativos, al uso de la balanza y los métodos cuantitativos), **de ontología** al pasar de los elementos cualidades aristotélicos a los elementos simples producto del análisis químico. En la teoría del oxígeno si bien tiene un mayor poder explicativo que la del flogisto, respecto a la combustión, es posible que haya **reducción del campo de explicación** respecto al la teoría del flogisto la cual además hacía referencia a

otros campos como el color, el olor, el carácter metálico. Se anexa tablas de resultados utilizando las categorías epistemológicas ya mencionadas (anexos 2 y 3).

La reconstrucción histórica en sus distintos periodos ha permitido identificar estados intermedios entre marcos explicativos diferentes que ha permitido entender el concepto de cambio químico como una estructura compleja e interdisciplinar que se toma como resultado de la integración, de conceptos como: enlace, equilibrio, cinética, elemento, etc., que ha recibido distintas interpretaciones al paso de las distintas teorías químicas.

Por otra parte desde el punto de vista didáctico, se puede citar una serie de marcos conceptuales jerarquizados y organizados en función de su capacidad para explicar y proveer los fenómenos químicos; siendo los más importantes (Martín del Pozo (1994): el conceptual operativo asociado a un enfoque microscópico de la materia y los cambios, en el que es posible definir el cambio químico, tanto cualitativa como cuantitativamente en oposición a los cambios físicos, el segundo está basado en la teoría atómica molecular desarrollada durante el siglo XIX y el tercer marco conceptual basado en la teoría cuántica del siglo XX.

Cada uno de estos niveles son base para elaborar **tramas conceptuales** (Mora 1999b) disciplinares que permiten clarificar y articular los contenidos didácticos dependiendo de los distintos ritmos de aprendizaje identificados, es decir que se configuran como referencia para determinar las preconcepciones tanto del estudiantado, como de las didácticas del profesorado (en el anexo 4, se presenta un extracto de un cuestionario de 30 preguntas dirigidas al profesorado) como fundamentos para el diseño de propuestas de unidades didácticas en la perspectiva acercamiento hacia un conocimiento escolar deseable.

Por otra parte, la resistencia a la enseñanza que generan las preconcepciones hace necesario dirigir las tramas conceptuales como estrategia para enfrentar estos obstáculos epistemológicos y pedagógicos (Bachelard,1978) que el estudiantado confronta en el proceso de construcción conceptual. Aportaciones como las propuestas por Llorens (1991), el equipe de Recherche Aster (1992); Gómez - Crespo y Pozo (1992) y Astolfi (1994), permiten plantear una serie de núcleos conceptuales problémicos en los que se dan los principales obstáculos que se detectan en el estudiantado con respecto a la materia y los cambios y que se presentan como dualidades inseparables y complejas; los criterios (cualitativos/ cuantitativos), utilizados para describir las propiedades de la materia, los criterios (conservación / transformación - cambio), utilizados para diferenciar los fenómenos, el modelo (continúo / discontinuo) de composición y estructura de la materia, el tipo de lenguaje (descriptivo / explicativo) para referirse a la materia y a los cambios, se convierten en objeto básico de investigación didáctica a la hora de diseñar estrategias de programación curricular.

Con respecto a una propuesta sobre qué y **cómo enseñar el cambio químico**, podemos diferenciar niveles de progresiva complejidad respecto a los contenidos y a la metodología de enseñanza que propone el profesorado; así en un primer nivel, se presenta, una versión simplificada, dogmática y tradicional de los contenidos disciplinares (copia de los extensos índices de los textos escolares), en un segundo nivel, los contenidos son una versión de los conceptos fundamentales vistos desde la práctica de los químicos no profesionales en la enseñanza, y en el tercer nivel, los contenidos que se pretenden enseñar provienen de la integración del conocimiento disciplinar y del conocimiento cotidiano en un conocimiento escolar (Chevallar,1991; Mora 1999), planeados por colectivos docentes profesionales de la educación, y en donde estas propuestas se asumen como proyectos curriculares innovadores fundamentados en unidades didácticas y, estas a su vez, en tramas conceptuales.

TRAMA CONCEPTUAL A NIVEL MACROSCÓPICO	**ENUNCIADO INTERMEDIO 1.1** Los materiales están formados por sustancias que presentan propiedades características que las diferencian de las demás.
NIVEL DE FORMULACIÓN 1: UN CAMBIO QUÍMICO ES UN PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DE UNA / S SUSTANCIA / S EN OTRA / S DIFERENTES A LAS INICIALES.	**ENUNCIADO INTERMEDIO 1.2** En un cambio físico se conserva la identidad de las sustancias, mientras que en un cambio químico las sustancias cambian de identidad conservándose los elementos.
	ENUNCIADO INTERMEDIO 1.3 En los cambio físicos y químicos se conserva la masa, pero en los cambios químicos las relaciones ponderales entre las sustancias que reaccionan son constantes.
TRAMA CONCEPTUAL BASADA EN LA TEORÍA ATÓMICO - MOLECULAR	**ENUNCIADO INTERMEDIO 2.1** La materia está constituida por partículas indivisibles e inalterables denominadas átomos.
NIVEL DE FORMULACIÓN 2: UN CAMBIO QUÍMICO ES UN PROCESO DE REORGANIZACIÓN DE LOS ÁTOMOS DE LOS ELEMENTOS POR EL QUE SE FORMAN OTRA/S SUSTANCIA/S DIFERENTES A LAS INICIALES.	**ENUNCIADO INTERMEDIO 2.2** En un cambio químico el número y la identidad de los átomos de los elementos se conserva.
	ENUNCIADO INTERMEDIO 2.3 Los átomos de los elementos se unen mediante enlaces químicos debidos a la atracción electrostática iones de signo opuesto o a la cooperación entre átomos semejantes.
TRAMA CONCEPTUAL BASADA EN LA TEORÍA CUÁNTICA	**ENUNCIADO INTERMEDIO 3.1** Los átomos son entidades reales que poseen una estructura interna de partículas subatómicas.
NIVEL DE FORMULACIÓN 3: UN CAMBIO QUÍMICO ES UN PROCESO DE INTERACCIÓN ENTRE LOS ELECTRONES MÁS EXTERNOS DE LOS ÁTOMOS DE LA/S SUSTANCIA/S POR EL QUE SE ROMPEN Y FORMAN ENLACES, DANDO LUGAR A OTRA/S SUSTANCIAS DIFERENTES A LAS INICIALES.	**ENUNCIADO INTERMEDIO 3.2** Los enlaces entre los átomos son interacciones electrónicas de diferente amplitud e intensidad.
	ENUNCIADO INTERMEDIO 3.3 Un cambio químico se produce cuando los átomos y/o las moléculas colisionan adecuadamente, siendo más probables aquellos en los que disminuye la energía libre del sistema químico.

4.1 Las Tramas Conceptuales

Las tramas conceptuales son aportaciones del análisis didáctico de la disciplinas científicas que resultan útiles para la determinación del conocimiento escolar a enseñar. Son un instrumento para organizar los conocimientos que se van a trabajar para ser luego articulados en **unidades didácticas** (como forma de organización y operacionalización del currículum); a partir de las tramas conceptuales se ponen de manifiesto las interrelaciones entre los contenidos, cosa que no lo logran las listas de las clásicas programaciones. Su utilidad radica en que favorece que los modelos iniciales de los estudiantes evolucionen, desde sus representaciones simples y/o alternativas, a otras más complejas y/o cercanas a los modelos científicos actuales. Permite plantear el aprendizaje como proceso de aproximaciones sucesivas, a partir de definir posibles hipótesis de evolución o progresión (currículum en espiral), tanto a lo largo de una unidad didáctica como de un curso y de toda la escolaridad (Develay, 1983; Astolfi, 1990).

Las tramas conceptuales:

- Se fundamentan en una perspectiva epistemológica sistémica y compleja, combinando la lógica histórica con la lógica de la enseñanza; para facilitar el aprendizaje.
- Ofrecen una visión de conjunto sobre la evolución de un determinado concepto, y poner de manifiesto las relaciones que mantiene con otros conceptos.
- Constituyen una forma de presentar el conocimiento conceptual que tiene en cuenta: la amplitud y diversidad conceptual (número y tipo de conceptos implicados en el campo conceptual), la organización conceptual (relaciones jerárquicas y horizontales entre los conceptos) y los niveles de formulación de cada concepto (posibles definiciones cada vez más complejas y profundas). (Grupo Investigación en la Escuela, 1991).

Para la elaboración de sucesivas tramas conceptuales asociadas a los marcos conceptuales, consideraremos los siguientes elementos:

- Los sucesivos niveles de formulación (por ejemplo del concepto de cambio químico).
- Una serie de enunciados intermedios implícitos o explícitos en cada formulación.
- Un conjunto de nociones constitutivas que se derivan de cada enunciado intermedio y que dan cuenta de la amplitud y diversidad conceptual (Shayer y Adey, 1984).

4.2 Las Unidades Didácticas

Son unidades de programación, de diseño curricular y desarrollo de la enseñanza, y por tanto son una forma de organizar los programas escolares dotados de capacidad para integrar contenidos diversos y de estructurar períodos relativamente largos de la actividad escolar. El diseño de las Unidades Didácticas se asume como proyecto curricular en profundidad, planteado como hipótesis, que orienta y facilita el desarrollo práctico, y obedecen a una necesidad sentida de un colectivo de profesionales de la educación y la enseñanza de las disciplinas al interior de una institución escolar.

Si se entiende que las Unidades Didácticas son un estadio de operacionalización del currículo, en su formulación debe tenerse en cuenta los elementos mínimos utilizados para el diseño curricular, es decir: una justificación (el ¿Por qué?), los conocimientos o información (el ¿Para qué? y el ¿Qué?), las Estrategias (el ¿Cómo?), los Recursos (el ¿Con qué?), la

Organización (¿De qué forma?), la Evaluación (¿Qué. Cuándo. Cómo?). Y en el centro de esta red de elementos está el fundamento Investigativo deliberativo en una relación dialéctica teoría y práctica pedagógico - didáctica.

5. CONCLUSIONES

- Los modelos planteados por Estany y Duschl se hacen compatibles en la medida que consideran el trabajo con las teorías como el fundamento de la explicación del cambio científico.

- El establecer criterios epistemológicos para analizar las teorías en química nos permite establecer elementos con gran potencial didáctico para ayudar a docentes y estudiantes a aprender dentro de un proceso de cambio didáctico y conceptual de los conceptos estructurantes de la química, sugiriendo de esta manera planteamientos curriculares no enciclopedistas y si basados en la profundidad y en la transversalidad.

- Los conceptos científicos a enseñar sólo tienen sentido en el marco de un sistema teórico y por tanto las unidades didácticas (entendidas como unidades curriculares) deben ser unas pocas, lo que permite dirigir el trabajo del docente estableciendo la necesidad de un currículo con profundidad que apunte hacia una formación de los estudiantes acompañada de un mejoramiento de la imagen de las ciencias entendida como una empresa humana donde sus constructos fundamentales son los sistemas teóricos y no los conceptos independientes de ellas.

- La búsqueda de la comprensión como aprendizaje significativo se dirige a que los estudiantes mejoren sus competencias en el conocimiento de sistemas teóricos personales y de grupo para explicar, describir y predecir situaciones problemáticas de interés.

- Se requiere de alternativas conceptuales históricas (Besaude-Vincet B., Stengers I., 1997; Brock W.H., 1998. García B.A., Bertomeu S.J., 1999), y epistemológicas (Bachelard, G., 1976; Villaveces C., J.L., 2000) propias de una didáctica de las ciencias interdisciplinar, que nos permita ubicar y comprender racionalmente el desarrollo de conceptos estructurantes de un sistema teórico construido en un campo de la química.

- Igualmente, estas alternativas permiten sugerir los programas de las asignaturas como unidades curriculares o unidades didácticas a la manera de procesos evolutivos o de tramas conceptuales de un sistema teórico articulado a las ideas previas de los estudiantes; por tal razón se requieren estudios de reconstrucción didáctica de la historia y la epistemología de cada sistema teórico elegido en el trabajo didáctico.

- El supuesto constructivista de la presencia de cierto paralelismo entre la ontogénesis y la filogénesis del conocimiento solo puede ser admitida con fines heurísticos para permitir la aparición de distintos sistemas teóricos de explicación en el aula, y no como una estrategia de hacer coincidir el aprendizaje de las ciencias con los mismos conceptos, procedimientos y actitudes presentados en la historia de las ciencias; de la misma forma, tampoco se aboga por reducir las clases de ciencias a una enseñanza de la epistemología y de la historia de los sistemas teóricos y de los experimentos cruciales que permitieron los cambios científicos.

- La reconstrucción histórico epistemológica de los sistemas teóricos de la química permite reubicar los sistemas de explicación de los alumnos como categorías de aprendizaje,

donde los conceptos tienen sentido en un contexto más amplio como son los sistemas explicativos en proceso de reconstrucción constante para la generación de competencias conceptuales, procedimentales y actitudinales de carácter científico.

- El trabajo de Estany (1990) en combinación con elementos de la propuesta de Duschl (1997), permiten ofrecer las bases para un marco teórico y metodológico de referencia que permita el análisis didáctico de la historia y la epistemología de la química. Con ello se ha orientado conceptualmente una propuesta didáctica que explica el origen y la evolución de algunos conceptos estructurantes de la ciencia química, con el propósito de fundamentar propuestas alternativas a las que convencionalmente sustentan la formación inicial y permanente de profesores de química en relación con su actividad en la enseñanza y el aprendizaje de contenidos químicos escolares.

BIBLIOGRAFÍA

ASTOLFI, J.P. (1988) El aprendizaje de conceptos científicos: aspectos epistemológicos, cognitivos y lingüísticos. Enseñanza de las Ciencias, 6 (2), 147-155.

BACHELARD, G. (1976) El Materialismo Racional. Buenos Aires: Paidos.

_____ (1978) La Formación del Espíritu Científico. Buenos Aires: Siglo XXI Editores.

BESAUDE-VINCET B., STENGERS I. (1997) Historia de la Química. Salamanca (España): ADDISON -WESLEY.

BROCK W.H. (1998) Historia de la Química. Madrid (España): Editorial Alianza.

BROMME, R. (1988) Conocimientos profesionales de los profesores. Enseñanza de las Ciencias, 6(1), 19-29.

CAMARGO C., GUERRERO M., MORA W. (2001) La evaluación del concepto de cambio químico y su relación con el modelo didáctico del profesorado. Trabajo de grado de Licenciatura. P.C. de Licenciatura en Química. Universidad Distrital. Bogotá.

CARVAJAL L.N, VÁSQUEZ D., LAGO G, MORA W. (2002) Estudio didáctico del desarrollo histórico epistemológico del cambio químico con relación a los conceptos de afinidad y enlace. Trabajo de grado de Licenciatura. P.C. de Licenciatura en Química. Universidad Distrital. Bogotá.

CHEVALLARD Y. (1991) La Transposición Didáctica. Del Saber Sabio al saber Enseñado. Buenos Aires: AIQUE.

CRESPO, G, M. (1992) La Estructura de los Conocimientos Previos en Química. Una Propuesta de Núcleos Conceptuales. Investigación en la Escuela. Núm. 18. pp.23-39.

DAWSON C. (1993) Chemistry in Concept. Education en Chemistry. Mayo. pp 74-76.

DEVELAY, M. (1990) Produire des documents de ressources en didactique des sciences expérimentales. Repères, 1, 95-105.

DUSCHL Richard A. (1997) Renovar la Enseñanza de las Ciencias. Importancia de las Teorías y su Desarrollo. Madrid: NARCEA S.A.

ESTANY Anna. (1990) Modelos de Cambio Científico. Barcelona: Editorial Crítica.

ESTANY. A., IZQUIERDO, M. (1990) La Evolución del Concepto de Afinidad Analizada desde el Modelo de S.Toulmin. Llull, 13.pp 349-378.

FURIÓ, C. (1994) Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. Enseñanza de las ciencias, 12 (2), 188-199.

_____ GIL, D. (1999) Hacia la formulación de programas eficaces en la formación continuada del profesor de ciencias. En: Memorias Educación Científica. Congreso iberoamericano de educación en ciencias experimentales. Formación permanente de profesores, 129-146. España: Edición Servicio publicaciones Universidad de Alacalá.

_____ VILCHES, A.; GUISASOLA, J. y ROMO, V. (2000) Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica? Universidad de Valencia (en prensa).

GARCÍA B.A., BERTOMEU S.J. (1999) Nombrar la Materia. Una Introducción Histórica a la Terminología Química. Barcelona: Ediciones del Serbal.

GARCÍA M.A., MORA P.W. (1999) Pensamiento y Acciones de los Profesores en la Resolución de Problemas Experimentales. Revista Científica. Universidad Distrital. pp109-142.

GIL, P.D. (1993) Contribución de la Historia y de la Filosofía de las Ciencias al desarrollo de un Modelo de Enseñanza / Aprendizaje como Investigación. Enseñanza de las Ciencias. 11 (2). pp 197-212.

GIORDAN, A., y VECCHI, G. de. (1988) Los Origenes del Saber: De las Concepciones Personales a los Conceptos Científicos. Sevilla. (España): Diada Editores.

GOMEZ CRESPO M. A. (1996) Ideas y Dificultades en el Aprendizaje de la Química. Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales No 7 pp 37-44.

HALPERIN de DESTARLLATS, Leticia. (1967) Dalton, Avogadro, Ampere. Teoría Atómico Molecular. Los Fundamentos. Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires.

HERRERA C., PÉREZ H., SÁNCHEZ Y. MORA W. (2001) Estudio didáctico del desarrollo histórico epistemológico del concepto de cambio químico y sus posibles implicaciones en la enseñanza de la química. Trabajo de grado de Licenciatura. P.C. de Licenciatura en Química. Universidad Distrital. Bogotá.

HOLMES, F.L. (1962) From Elective Afinities to Chemical Equilibria, Chymia, 8, 105-145.

IZQUIERDO, M. (1996) Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias. Alambique, 8, 7-21.

JIMÉNEZ, M.P. y SANMARTÍ, N. (1997) En: Del Carmen, L. (Coordinador) La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria. Barcelona: Horsori.

KUHN, T.S. (1975) La Estructura de las Revoluciones Científicas. México: Fondo de Cultura Económica.

LAKATOS, I. (1978) La Metodología de los Programas de Investigación Científica. Madrid: Alianza Editorial.

LAUDAN, L. (1978) Progress and its problems. Towards a Theory of Scientific Growth. California: University of California Press.

LEVERE, T.H. (1971) Affinity and Matter. Elements of Chemical Philosophy. 1800-1865, Oxford, University Press.

LLORENS, M.J. (1991) Comenzando a Aprender Química. Ideas para el Diseño Curricular. Madrid: VISOR.

MARTÍN DEL POZO R. (1998) La Construcción Didáctica del Concepto de Cambio Químico. Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales. No 17 Julio. pp 65-75.

_____ (1994) El Conocimiento del cambio Químico en la Formación Inicial del Profesorado. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla (España).

MARX, R.W.; FREEMAN, J.G., KRAJCIK, J.S y BLUMENFELD, P.C. (1998) Professional development of science teachers. En: International Handbook of Science Education. Fraser, B. y Tobin, K. (Eds). London: Kluwer academic publishers.

MORA, W. (1997) Naturaleza del conocimiento científico e implicaciones didácticas. Educación y Pedagogía. Medellín. Colombia. pp. 133-149

_____ GARCÍA, M. A. (1998) La Resolución de Problemas: de la Didáctica Centrada en los ejercicios a la Resolución de Problemas Experimentales como Investigación. Revista Educativa Volunt@d. Número 0. pp.14-19.

_____ (1999) Modelos de Enseñanza - Aprendizaje y Desarrollo Profesional: Elementos para la Cualificación docente. Revista Educativa Volunt@d. Santafé de Bogotá. Pp. 4-16

_____ (1999) Elementos para la Renovación Curricular de los Proyectos de Formación del Profesorado de Química: Una Propuesta desde la Pedagogía y la Didáctica como Disciplinas Fundantes. Revista Educación y Pedagogía. Universidad de Antioquía. Vol XI. Nº 25. Septiembre - Diciembre de 1999.pp 121-145.

MOSQUERA, S. C., MORA, P.W. (1997) Las Preconcepciones y el Aprendizaje Significativo de la Química y Congreso Internacional Sobre La Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Murcia (España): Enseñanza de las Ciencias. Murcia 10 al 13 de Septiembre 1997.

_____ GARCÍA, A., y MORA, W. (1999) Proyecto COLCIENCIAS: "Estudio didáctico en torno a conceptos fundamentales de la química y el desarrollo profesional de docentes en ejercicio" (Código: 11130-11.109-99)

_____ (2000) Análisis Histórico y Epistemológico de las Representaciones Simbólicas y la Terminología Química - Implicaciones didácticas de Orientación Constructivista. Bogotá: Universidad Distrital. Centro de Investigaciones.

OSBORNE, R.J., Y FREYBERG, P. (1985) Learning in Science: The implications of children´s science (Heinemann: Postmouth, N.H) (Heinemann Press:Londres)

POPPER, K.R. (1962) La lógica de la investigación científica. Madrid: Tecno.

PORLAN, A.R. (1993) Constructivismo y Escuela. Hacia un Modelo de Enseñanza - Aprendizaje basado en la Investigación. Sevilla (España): Diada Editora. Serie: Fundamentos Nº4

POSNER, G.J., STRIKE, K.A., HEWSON, P.W y GERTZOG, W.A. (1982) Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. Science Education. 66 (2). pp 221-227.

POZO I., GOMEZ M., LIMON M., SANZ A. (1991) Procesos Cognitivos en la Comprensión de la Ciencia: Las Ideas de los Adolescentes sobre la Química. Madrid: CIDE - MEC.

_____ GOMEZ CRESPO M.A. (1998) Aprender y Enseñar Ciencia: Del Conocimiento Cotidiano al Conocimiento Científico. Madrid: EDICIONES MORATA.

ROCKE, A.L. (1984) Chemical atomism in 19th. Century: From Dalton to Cannizzaro, Columbus, Ohio State Univ. Press.

SERRE; S.M. (1989) Historia de la Ciencia. Madrid, España. Cátedra Teorema.

SHAYER M., ADEY P. (1984) La Ciencia de Enseñar Ciencias. Desarrollo Cognoscitivo y Exigencias del Currículo. Madrid: NARCEA S.A.

SUAREZ Z., PALACIO M., PERALTA E., MORA W. (2002) Propuesta de mejoramiento profesional docente en química entorno a tramas conceptuales: un estudio basado en las preconcepciones del profesorado sobre la didáctica del cambio químico. Trabajo de grado de Licenciatura. P.C. de Licenciatura en Química. Universidad Distrital. Bogotá.

TOULMIN, S. (1972) La Comprensión Humana. Vol. I: El uso colectivo y la evolución de los conceptos. Madrid: Alianza Editorial.

VILLAR A.L. (1988) Conocimiento, Creencias y teorías de los Profesores. Implicaciones para el Curriculum y la Formación del Profesorado. Murcia (España): Marfil - Alcoy.

VILLAVECES C., J.L. (2000) Química y Epistemología, una Relación Equívoca. Revista Colombiana de filosofía de la Ciencia. Vol 1, Nº 2 y 3. pp. 9-25. Universidad del Bosque. Bogotá.

ANEXOS

Anexo 1

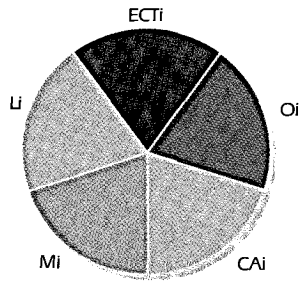
Tomado de Estany (1990) y modificado en los criterios de actuación racional (usados para evaluar teorías científicas) por el propuesto por Duschl (1997)

ESQUEMA DE UN MODELO DE DINÁMICA CIENTÍFICA

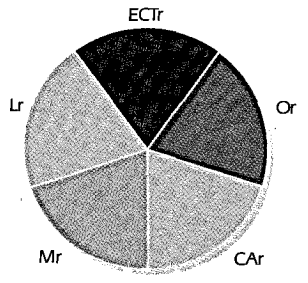
TIPOLOGIA DE CAMBIOS	Según se transformen		
	El número de elementos	Cambios totales	(C_t)
		Cambios parciales	(C_p)
	El cuerpo teórico	Cambios de estructura	(C_e)
		Cambio de cuerpo teórico pero no de estructura	(C_m)
	La clase de elementos y las relaciones entre ellos	Cambios de predominio	(C_d)
		Cambios de relación	(C_r)

UNIDADES BÁSICAS

ESTRUCTURA DE LA UNIDAD BÁSICA INICIAL



ESTRUCTURA DE LA UNIDAD BÁSICA RESULTANTE



CRITERIOS DE ACTUACIÓN RACIONAL (Duschl, 1997)	
L	Criterios lógicos
E	Criterios empíricos
H	Criterios Históricos
S	Criterios Sociológicos

SIMBOLO	SIGNIFICADO
ECT	Estructura de Cuerpo Teórico
O	Ontología
CA	Campo de Aplicación
M	Principios Metodológicos
I	Instrumentos y Técnicas
i	Inicial
r	Resultante

Anexo 2

Criterios de Evaluación de Teorías Aplicado al Flogisto, Paso Intermedio y el Oxígeno.

MODELO DE DINAMICA CIENTIFICA	FLOGISTO	PASO INTERMEDIO	OXÍGENO
PROTAGONISTA	GEORGE ERNEST STAHL	JOSEPH PRIESTLEY Y OTROS	ANTOINE LAURENT LAVOISIER
U.B.	FLOGISTO	FLOGISTO-OXÍGENO	OXIGENO
CUERPO TEÓRICO	Concepto Explicativo Preferente	← Concepto Explicativo Preferente →	Concepto Explicativo Preferente
Correlaciones y predicciones.	- En torno a las propiedades de la materia como el color y el olor. - Realizaban predicciones en cuanto a la combustión.		- Generalizaciones en cuanto a la composición del agua y aire. - Concepto de elemento. - Principio de conservación de la masa.
Dominio Ordenado	- Clasificación de la materia según el grado de flogisticación.		
Teorías de Apoyo	- Teoría de la combinación. - Definición de composición y descomposición de la materia.		
Teorías Colaterales	- Explicaciones sobre el Fuego, El Color y la Llama.		- Teoría del calor.
ONTOLOGÍA O	- No es limitada. - Acepta los principios de Becher, nombrando la segunda tierra Flogisto. ←	- Acepta los principios de Becher, así como Cavendish, Scheele, Black, acecándose al sistema de Sahl. - Identifica y aisla diferentes cuerpos, como Cavendish, Scheele y Black, hacia el sistema de Lavoisier. →	- Los elementos de la Tabla Elemental de Química. - Limitada y Precisa. - Formulación de Nomenclatura apropiada.
CAMPO DE APLICACIÓN CA	- El Flogisto se encuentra en todas las sustancias de la naturaleza. - Se basaron en la caracterización del mismo. ←	- El fenómeno de la Combustión y Calcinación. - La Composición y Descomposición de los cuerpos. - La caracterización de los gases. - La respiración. →	- No explica propiedades como color, olor y carácter metálico de los metales. - La combustión. - La respiración.
PRINCIPIOS METODOLÓGICOS M	- Cualitativa. - Por medio de los sentidos. ←	- Experimentación cuantitativa como Lavoisier, - Explicación cualitativa como Stahl, Scheele, Black y Cavendish. →	- Cuantitativo, permitiéndole formular la ley de conservación de la masa.
INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS I	- El Fuego era el mejor instrumento. - No utilizaron instrumentos para medir. ←	- Aunque utilizaban el fuego como instrumento, se comenzó a utilizar instrumentos de medida. →	- La Balanza. - El Gasómetro

SUBCUERPO

Estructura de Conjunto Compacto

CUERPO TEÓRICO
- Las cuatro leyes de la Combustión.

ONTOLOGÍA
- Tabla de los Elementos.

CAMPO DE APLICACIÓN
- Combustión.
- Calcinación.
- Fermentación.
- Respiración.
- Transpiración.
- Reducción de óxidos metálicos.

PRINCIPIOS METODOLÓGICOS
- Cuantitativo.

INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS
- Balanza.
- Gasómetro

→ Flecha que indica la tendencia del acercamiento del Paso Intermedio hacia el Flogisto o hacia el Oxígeno.

Anexo 3

Criterios de Evaluación de Teorías Aplicado al Flogisto, Paso Intermedio y el Oxígeno.

CRITERIOS	FLOGISTO	PASO INTERMEDIO	OXIGENO
LÓGICOS	Utiliza una idea unificadora. No tiene coherencia, no se explica el aumento de peso de los metales después de la calcinación. Es teóricamente falsable. No tiene límites. Enunciados contradictorios (en cuanto a que el Flogisto tiene peso negativo).	No tiene coherencia, ya que no puede explicar el aumento de peso después de la combustión. No tiene límites. Tiene explicaciones sólidas basadas en experimentos. Es contradictoria al utilizar una metodología cuantitativa pero con explicaciones cualitativas.	Tiene una idea unificadora para la explicación de la combustión. Tiene coherencia lógica interna. Es teóricamente falsable (teoría de la composición de los ácidos). Es claramente limitada y precisa. Explicación sólida y lógica. No presenta enunciados contradictorios.
EMPÍRICOS	No tiene datos verificables. Capacidad de predicción, en cuanto a la calcinación y combustión. No son reproducibles los datos experimentalmente.	Se establecen criterios de experimentación cuantitativa. Nuevos métodos de experimentación. Los datos son reproducibles experimentalmente. Predicción sobre la respiración de las plantas.	Se puede comprobar experimentalmente. Establece predicciones en cuanto al comportamiento de los Elementos y la Conservación de la masa. Datos reproducibles por experimentación.
SOCIOLÓGICOS	No se resuelve el problema del aumento de peso. Proporciona las definiciones de composición de los cuerpos. Problemas en torno al color, olor y carácter metálico de los cuerpos. Plantea teorías sobre el fuego, el color y la llama.	Plantea problemas que se basan en la experimentación. Proporciona el concepto de aire desflogisticado.	Resuelve el problema del aumento de peso. Plantea el concepto de calor, importante para los estados de la materia. Plantea la forma de resolver problemas por medio de la experimentación. Proporciona la definición de elemento, Conservación de la masa y Nomenclatura que permite ampliar su explicación teórica.
HISTÓRICOS	Acepta los principios de Becher. Se establecen criterios para la combustión. Es coherente con las teorías de apoyo y colaterales.	Mejora o completa los criterios establecidos por la teoría del Flogisto. Continua con el mismo marco explicativo del Flogisto. Es coherente con las teorías de apoyo del Flogisto ya que intenta explicarlas experimentalmente.	Invalida la teoría del Flogisto. Tiene en cuenta la teoría anterior por lo cual es capaz de aumentar epistemológicamente. Es coherente con teorías de colaterales.

Anexo 4.

INSTRUMENTO PARA EVALUAR EL CONCEPTO DE CAMBIO QUÍMICO.

1. La principal razón para que se genere un cambio químico es:

   a. El choque al azar entre partículas en el vacío.
   b. La transmutación de las sustancias con base en el cambio de sus cualidades básicas
   c. La inestabilidad de las moléculas que originan la redistribución de los átomos de manera que la composición de las mismas conserva su identidad.
   d. Los requerimientos energéticos y de orden más favorable para que se alcance el equilibrio dinámico y se cumplan las leyes de conservación.
   e. La interacción entre diferentes moléculas, átomos e iones en las que por afinidad se reorganizan formando nuevas moléculas, átomos e iones.

14. ¿Cuál de los siguientes enunciados explica mejor lo que es un cambio químico?.

   a. La unión o separación de elementos producto de fuerzas tales como el "amor y odio", lo que les permite estabilidad.
   b. Fenómeno a la manera de una transmutación en la que una sustancia se convierte en otra.
   c. Separación de partículas producto de una mayor incidencia de fuerzas repulsivas que las atractivas.
   d. Combinación de átomos o moléculas en proporciones estables y definidas.
   e. Proceso en el cual se separan átomos, moléculas o iones formando enlaces más estables a nivel intra e intermolecular.

16. Respecto a los procesos de conservación que se presentan en un cambio químico se puede decir que:

   a. Sólo se conservan los elementos y, como consecuencia, la identidad de los átomos que los constituyen.
   b. Sólo se conserva la masa, ya que la energía por lo general o se gana o se pierde en forma de calor.
   c. Sólo se conserva la cantidad de sustancia expresadas o en moles o en volúmenes.
   d. Lo que cambia son las sustancias, lo que se reconoce por el cambio de propiedades y se conservan los elementos, los átomos de esos elementos, la masa, y la energía.
   e. Se conserva la cantidad de enlaces y las cargas eléctricas por lo que es necesario que la suma de enlaces y las cargas de los reactantes sea igual a la de los productos.

29. La mejor manera de enseñar el concepto de cambio químico es:

   a. Dictar el contenido de los diferentes tipos de enlaces Interatómicos e intermoleculares.
   b. Viendo una película sobre el problema de la cinética y el equilibrio de las reacciones.
   c. Haciendo una práctica de laboratorio, como por ejemplo la del ciclo del cobre.
   d. Proponiendo un diseño curricular a manera de una unidad didáctica sobre el cambio químico.
   e. Como este tema se trabaja a lo largo de todo el currículo, no es necesario trabajarlo puntualmente en clase.

30. De las siguientes afirmaciones, cual de ellas es falsa:

   a. Desde hace unos treinta años se comprendió que la mayoría de los enlaces no eran ni totalmente iónicos ni completamente covalentes, derrumbando las barreras entre los dos tipos de enlace.

b. La clasificación de los enlaces entre covalente, iónico, y metálico que pone en evidencia la relación con las propiedades de los compuestos se sigue enseñando por simple tradición pedagógica.
c. El conjunto de todos los enlaces químicos, fuertes o débiles, se rige por interacciones electrostáticas entre las partículas cargadas que conforman la materia.
d. El enlace químico se ubica dentro de una de las cuatro tipos de fuerzas existentes en la naturaleza, la electromagnética, (las otras tres son: fuertes, débiles, gravitatorias).
e. No existe realmente sino un solo tipo de enlace químico y son las condiciones las que hace se parezca más a uno de los tipos de enlaces conocidos.