

Tramas histórico-epistemológicas en la evolución de la teoría estructural en química orgánica

William Manuel Mora Penagos*
Diana Lineth Parga Lozano**

Artículo recibido: 10-4-2007 y aprobado: 2-5-2007

Historical-epistemological scheme in the evolution of the structural theory in organic chemistry

■ **Resumen:** Considerando que el desarrollo profesional del profesorado de química se articula al diseño curricular en torno a los contenidos de enseñanza, en este artículo se hace énfasis en la necesidad de construir tramas histórico-epistemológicas como paso previo a la construcción de tramas y unidades didácticas. Las tramas histórico-epistemológicas muestran diversos niveles de formulación a manera de hipótesis de progresión que son de gran potencial para ayudar a la transición (evolución) de las ideas de los estudiantes desde un pensamiento simple a otro más complejo.

En este documento se ejemplifica el caso de la construcción de niveles de formulación del modelo teórico (MT) estructural en química orgánica en el siglo XIX, mostrado como un proceso revolucionario de cambio del MT dualista (sustentado en los modelos teóricos del oxígeno y del atomismo) al MT unitario (que da continuidad a la constitución de la química del carbono a nivel estructural).

Palabras claves: conocimiento didáctico del contenido curricular, tramas conceptuales histórico-epistemológicas, modelos teóricos en química orgánica estructural.

■ **Summary:** This paper focuses on the articulations that should exist between the teachers' professional development and the curricular design of teaching contents. The epistemological and historical scheme show several levels for formulating didactic units like hypothesis in progressions that can be useful to help students evolve from simple to complex thoughts.

The construction of formulation levels on the structural theoretical model in Organic Chemistry Century (Century 19th) is illustrated and represents a revolutionary process for promoting a change from dualistic theoretical model (based on the theoretical models of oxygen and atomism) to the single theoretical model (the one that gives continuity to the constitution of carbon chemistry at a structural level).

Key words: didactic knowledge of the curricular content, conceptual historical- epistemological scheme, theoretical models in structural organic chemistry.

* Magíster en Docencia de la Química, candidato a Doctor en Educación Ambiental de la Universidad de Sevilla (España). Docente de carrera de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Grupo de investigación en Didáctica de la Química, DIDAQUIM. wmora@udistrital.edu.co

** Magíster en Docencia de la Química. Docente de planta de la Universidad Pedagógica Nacional. Grupo de investigación Alternativas para la Enseñanza de las Ciencias. dparga@pedagogica.edu.co

Introducción

En un artículo anterior (Mora y Parga, 2005a), partimos del principio que la profesionalización del ejercicio docente es un proceso inseparable de su objeto epistemológico, el diseño curricular y su investigación pedagógico-didáctica en los procesos de enseñanza-aprendizaje en el aula. En este sentido, el ejercicio docente no se sustenta únicamente en los conocimientos generales logrados durante la formación, muchas veces terminal, obtenida en las facultades de educación; tampoco se circunscribe en la acción técnica de enseñar contenidos elaborados por expertos; de igual manera no es una manifestación espontánea individual y artesanal de cada docente como consecuencia de su conocimiento experiencial y empírico logrado a lo largo de su experiencia docente en las aulas de clase; por el contrario, es una integración de trabajo profesional de coparticipación colectiva y permanente de grupos de docentes en sus contextos escolares en torno a la reflexión sobre el qué y cómo enseñar desde el diseño curricular, su puesta en práctica y su constante revisión de acuerdo con criterios asociados a los distintos modelos didácticos asumidos y respaldados por una comunidad académica (Mora, 1999a; Mora y Parga, 2005b).

Por ello, uno de los objetos fundamentales de investigación hoy, en el campo de la didáctica de las ciencias, se refiere al diseño curricular en torno a los contenidos disciplinares, lo que ha generado una de las líneas de investigación más promisorias conocida como conocimiento pedagógico del contenido (CPC), que en inglés se presenta como *The Knowledge Growth in Teaching, Subject-*

matter Knowledge, Pedagogical Content Knowledge y Curricular Knowledge (Shulman, 1986, 1999; Veal, 1998; Gess-Newsome y Lederman, 1999; Van Driel, Jong y Veer Loop, 2002; Garritz y Trinidad-Velasco, 2004; Hashweh, 2005; Tamayo y Orrego, 2005, Bermúdez y De Longhi, 2006; Parga y Martínez, 2007), y que en este artículo lo entenderemos en adelante como: conocimiento didáctico del contenido curricular (CDCC).

Esta línea de investigación sobre el CDCC en didáctica de las ciencias ha propendido por hacer diferencias entre el saber específico de las ciencias y el saber pedagógico-didáctico asociado con su enseñanza, convirtiéndose este último en un dominio específico del conocimiento profesional del profesorado. La necesidad de este conocimiento didáctico del contenido curricular de la química es específica para la formación inicial y permanente del profesorado de todos los niveles educativos, y es elemento clave en todo proyecto de renovación curricular de las carreras ofrecido por las facultades de educación universitarias en la formación del profesorado (Mora, 1999b).

Entre los objetivos de investigación en la línea del CDCC, Parga y Martínez (2007) destacan los siguientes:

- La determinación de las características que deben tener los contenidos de enseñanza y cómo se deben organizar en torno al conocimiento escolar que permitan favorecer una evolución significativa de las concepciones del estudiantado.
- El cómo diseñar los currículos de los espacios académicos o asignaturas en torno a tramas conceptuales evolutivas cada vez más complejas, para lo cual es fun-

damental el soporte de la historia y la epistemología de las ciencias y en particular, de la química, que permitan desde el contexto de la didáctica entender el currículo como hipótesis progresivas de intervención-innovación e investigación escolar.

En la contextualización didáctica de los estudios sobre el diseño curricular de los contenidos para la enseñanza de la química, consideramos que éste es un espacio de intersección interdisciplinar entre cuatro grandes áreas (o esferas del conocimiento): el conocimiento disciplinar (que podríamos llamar conocimiento químico de la química); el conocimiento histórico-epistemológico y social (conocimiento metadisciplinar de la química); la psicología del aprendizaje; y el conocimiento del contexto escolar donde se realiza la labor docente (véase figura 1).

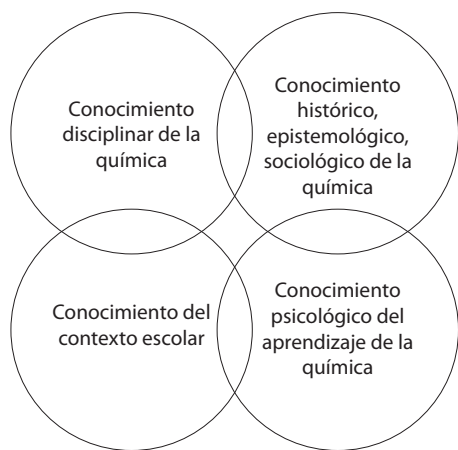


Figura 1. Conformación del conocimiento didáctico del contenido curricular.

En consecuencia, el CDCC parte de la confluencia de distintas lógicas: primero, de la combinación de la lógica disciplinar

de la química con la lógica metadisciplinar propuesta por los estudios sociales de la historia y la epistemología. Este cruce permite la creación de tramas que denominaremos tramas histórico-epistemológicas (THE). Aunque las THE son fundamentales, son solo un estado intermedio en el diseño curricular para el trabajo docente de los contenidos en las aulas, ya que éstas son una herramienta en el proceso de creación de las tramas didácticas del contenido, TDC (Mora y Parga, 2005a). Consideramos que esta propuesta intermedia de THE es diferente a otras presentadas en la literatura, ya que partimos del principio constructivista de la existencia de cierto paralelismo entre la ontogénesis y filogénesis del conocimiento, admitida únicamente con fines heurísticos en didáctica de la química y no como estrategia de hacer coincidir el aprendizaje a partir de las concepciones de los estudiantes con distintos niveles de desarrollo de las ideas científicas en la historia de la química (Mora, García y Mosquera, 2002; Mosquera, Mora y García, 2003).

En la configuración del CDCC se requiere una segunda combinatoria de lógicas para permitir el diseño de TDC las cuales se organizan como hipótesis de progresión (Mora y Parga, 2005a). Se hace necesario incluir una tercera lógica propia de la psicología del aprendizaje (de los niños, adolescentes y adultos) asociada a una cuarta y última lógica propia de la intervención en la vida cotidiana del estudiante y en su contexto escolar, que incluyen distintos elementos culturales, políticos e ideológicos, en la línea de ideas de Porlán y Rivero (1998), Kincheloe (2001) y Posner (2005), que permiten en última instancia, la adapta-

ción del contenido para hacerlo enseñable y aprendible con significado.

Es necesario aclarar que esta adaptación del CDCC en tramas evolutivas y progresivas, tanto a nivel histórico-epistemológico como didáctico, no deben ser entendidas como un fenómeno de transposición didáctica como lo sustenta Chevallard (1991), ya que éstas apuntan a una formación para el aprendizaje de contenidos científicos únicos y universales. En cambio, estas tramas construidas con una intencionalidad didáctica se dirigen a generar un proceso de integración y complejización de las ideas previas de los estudiantes, que evolucionan constructivísticamente en términos de gradientes desde una perspectiva simple del mundo hacia una más compleja (Porlán y Rivero, 1998; García-Díaz, 2004), desde un enfoque aditivo de la realidad a otro más sistémico, desde un centramiento en lo próximo y evidente a una visión descentrada y relativizadora, desde una idea estática y rígida del orden y del cambio a una concepción evolutiva del mundo.

Estos principios evolutivos tienen su traducción curricular en la elaboración de hipótesis relativas a la posible progresión de las ideas de los estudiantes en la construcción de su conocimiento; progresión que supone una visión relativa del conocimiento en la que para cada contenido concreto se reconocen diversos niveles de formulación posibles, de manera que los estudiantes, partiendo de sus concepciones o ideas previas iniciales, van construyendo los contenidos escolares mediante un proceso de aproximaciones sucesivas, en una serie de pasos que corresponden

a diferentes niveles de formulación (García-Díaz, 1998, 2000); estas formulaciones son producto del trabajo de diseño curricular y aparecen como estratégicas ya que muestran pasos sucesivos que podrían darse a lo largo del proceso enseñanza aprendizaje en la construcción del conocimiento escolar del contenido.

También es necesario indicar, como lo muestra Martínez (2005), que el proceso de complejización del conocimiento de los estudiantes parte del enriquecimiento de su conocimiento cotidiano, en busca de la transición de un pensamiento simple hacia otro complejo, en donde el conocimiento de las ciencias es un medio y no un fin, y en el cual el proceso de integración didáctica se da partir de diferentes fuentes de conocimiento, donde el conocimiento escolar integra a su vez el conocimiento cotidiano con el científico y metadisciplinar. Aquí se anota que el conocimiento escolar trasciende al conocimiento cotidiano en una integración y transformación didáctica que permite la elaboración de un conocimiento como lo es el conocimiento escolar y donde las tramas conceptuales son una herramienta de flexibilidad curricular constructivista, haciendo aproximaciones sucesivas en diferentes formulaciones cada vez más complejas en los ámbitos procedimental, actitudinal y conceptual, para lo cual las THE aparecen como ejes de los contenidos en el contexto escolar de la enseñanza.

Debemos anotar que en este artículo sólo se abordará la construcción de THE y se dejará para un artículo posterior, el diseño de unidades didácticas a partir de estas últimas.

Las tramas histórico-epistemológicas, THE

Las THE son elaboradas desde la perspectiva del colectivo del profesorado a partir de la realidad de su institución escolar y en particular de su práctica de aula y no desde las prescripciones de epistemólogos, historiadores, psicólogos o pedagogos.

Su intención, por tanto, está específicamente dirigida hacia la enseñanza de los contenidos en el contexto disciplinar de la didáctica de las ciencias, atendiendo a los procesos más significativos de rivalidad entre modelos teóricos competitivos en torno a conceptos particulares en la historia de la química, para lo cual se seleccionan momentos estratégicos de cambio conceptual en la química, como ya lo hemos citado en trabajos anteriores (Mora y Parga, 2005a; Parga y Martínez, 2007) y que para este artículo trataremos el proceso seguido durante el siglo XIX en la construcción de la teoría estructural en química orgánica.

¿Por qué trabajar con modelos teóricos y particularmente el referido a la estructura en química? Las respuestas tal vez las podemos establecer refiriéndonos a Sibel Erduran (2001, p. 168), quien al plantear que ya no solamente se aporta a la educación en química desde la historia sino también desde un campo emergente –desde finales de 1990– como lo es la filosofía de la química, ha establecido una línea de investigación estratégica en modelos y la modelización en química, y su relación con la producción de modelos mentales por parte del estudiantado durante los procesos de aprendizaje de la química. Erduran sostiene que aunque los modelos químicos han sido históricamente centrales en el

crecimiento de conocimiento químico, éstos han sido subvalorados desde comienzos del siglo XX, con la aparición de la teoría cuántica aplicada a la química. El fisicalismo de la química en la historia de la química que intenta explicar los fenómenos químicos desde las teorías físicas ha infravalorado los modelos y la modelización en química y no ha permitido hablar de teorías auténticamente químicas desde la aparición de la mecánica cuántica como teoría cuantitativa y que ha generado una subvaloración de los aspectos cualitativos y descriptivos de los modelos teóricos, por ejemplo, de la química orgánica del siglo XIX.

Hoy se cuestiona a la teoría cuántica por no permitir mayores desarrollos predictivos de la reactividad química y se reclama por una química cualitativa descriptiva que explique el cambio químico de una mejor manera. Uno de los reductos, y de resistencia, de las explicaciones químicas no fisicalistas se puede hallar en la historia del desarrollo de los modelos teóricos de las estructuras químicas en el siglo XIX, aplicados al campo didáctico.

En este artículo se entiende la modelización como procesos de teorización en química, que conduce a la construcción de modelos teóricos, y que son entendidos, como lo cita Erduran (2001), en términos de esquemas provisionales o estructuras que corresponden a los objetos reales, eventos o clases de eventos, y que tienen poder explicativo. Los modelos teóricos ayudan a los científicos, a los ingenieros e incluso a los estudiantes a construir sus propios modelos al intentar entender cómo funcionan las cosas. Los modelos teóricos toman muchas formas, que incluyen objetos físicos,

estructuras mentales, ecuaciones matemáticas y simulaciones en computadores, entre otros. No basta con tener un conocimiento declarativo de los modelos teóricos usados en química, se necesita la apreciación de cómo y por qué fueron contruidos en su contexto histórico, político, social y cultural, y a la vez es importante evaluar cómo esta construcción puede ser tratada en la realidad del aula de clase, particularmente cuando se hace necesario explicar por qué un MT es usado en un caso particular y cómo difiere de otros modelos teóricos que pueden ser usados para explicar los mismos fenómenos.

Para analizar los cambios de modelos teóricos en la química estructural del siglo XIX, y con el fin de utilidad en el diseño posterior de las TDC en lo conceptual, procedimental y actitudinal, se parte de las categorías propuestas por Mora, García y Mosquera (2002) siguiendo los planteamientos de Anna Estany (1990), combinados con los planteamientos de Root-Berstein (1984) y Richard Duschl (1997), para generar un modelo de dinámica científica que permite explicar

el cambio científico, como un cambio de un MT por otro en procesos graduales y/o revolucionarios; de esta manera se entiende la historia de la química como una sucesión de unidades básicas en la que el cambio es revolucionario si se modifican todos los elementos de una unidad básica y gradual/partial si no implica cambios en todos los cinco elementos que conforman la unidad básica respectiva. Este modelo de dinámica científica explica los cambios como modificaciones en los elementos que constituyen las unidades básicas de un modelo teórico (la estructura del cuerpo teórico, la ontología, el campo de aplicación, los principios metodológicos y los instrumentos de aplicación); estos cambios experimentados por los modelos teóricos pueden darse en el número de elementos, en el cuerpo teórico, y las relaciones entre ellos, y por una serie de criterios de actuación racional utilizados en los cambios de elección de las teorías (lógicos, empíricos, históricos y sociológicos), como ya se ha mostrado anteriormente (Mosquera, Mora y García, 2003) y que se resume en la tabla 1.

Tabla 1. Modelo de dinámica científica para explicar los cambios en los modelos teóricos de la química.

1. 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.	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:	<ul style="list-style-type: none"> • <i>De estructura de conjunto compacto:</i> cuando posee unas leyes que son el centro del cuerpo teórico y que rigen en todo su campo científico. • <i>De estructura de dominio ordenado:</i> cuando posee una regla que permita ordenar los elementos del campo de conocimiento lo que requiere de conceptos clasificatorios (por ejemplo, la tabla periódica de los elementos). • <i>La estructura de correlaciones:</i> cuando se dan fenómenos siempre al mismo tiempo (por ejemplo, la presencia del flogisto y las propiedades de ciertos cuerpos). • <i>La estructura de concepto explicativo preferente:</i> 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 (por 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.

Continúa

Continuación

	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.
	Los instrumentos y técnicas (I)	Mientras mayor disponibilidad de éstos, mayor el poder explicativo de las teorías, aunque provengan de otros campos científicos.
Tipos de cambios experimentados por los modelos teóricos	En el número de elementos que cambian en el paso de (ub)¹ a (ub)²:	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Cambios totales (C^t)</i> en los que cambian todos los elementos de la unidad básica. • <i>Cambios parciales (C^p)</i> en los que cambia uno o varios de los elementos de la unidad básica.
	El cambio de cuerpo teórico en función de:	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Cambios de estructura (C^e)</i>: cambios más allá de un cambio de cuerpo teórico. • <i>Cambio de cuerpo teórico pero no de estructura (C^m)</i>.
	Las clases de elementos que cambian y las relaciones entre ellos, pudiéndose generar:	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Cambios de predominio (C^d)</i>: como la variación de importancia de un elemento a otro y en que todos los elementos se interpretan en función de uno. • <i>Cambios de relación (C^r)</i>: como aquellos en que cambian la relación entre dos o más elementos.
Criterios de actuación racional: evalúan la coherencia lógica interna, la reproducibilidad de los experimentos, el intercambio académico e intelectual de la comunidad científica y el acrecentamiento del estatus epistemológico a través de la historia de cada una de las teorías existentes.	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.
	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 anómalos.
	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.
	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 estatus epistemológico adquirido de las teorías previas, y ser coherente con las teorías auxiliares que ya establecieron una validez científica.

A continuación se presenta el ejemplo de un proceso de cambio revolucionario producto de la rivalidad de dos modelos teóricos en química: el MT dual *versus* el MT unitario en el siglo XIX (segunda gran revolución en la química, posterior al cambio originado como consecuencia de la rivalidad entre el MT flogistonista y el MT del oxígeno). Este segundo gran cambio de la química se expresa en pequeños cambios en las teorías que fundamentaron el modelo dual de Berzelius (MT del oxígeno de Lavoisier, el MT de Dalton, formulado con ideas vitalistas

que se compartían con la época); por su parte, el modelo teórico unitario de Laurent se articula al modelo teórico de las sustituciones de Dumas y al modelo teórico de los tipos de Gerhardt que permitieron posteriormente el nacimiento del MT estructural de Kekulé, el cual se sustentó en los conceptos de valencia, la tetravalencia del carbono, la formación de cadenas del carbono y la espacialidad de las moléculas bidimensionales y tridimensionales (Carvajal, Hilarión, Largo y Mora, 2002; Mora, Parga y Espitia, 2004).

Estas tramas aunque pueden ser diseñadas a manera de mapa conceptual, redes, diagramas, etc., aquí se presentarán en cuadros con diferentes niveles sucesivos de complejización en donde una característica fundamental es que no son rígidas, y más bien se sustentan en principios procesales y de flexibilidad

tendiente a permitir cambios conceptuales lentos y/o revolucionarios.

Las siguientes tablas se sustentan en los trabajos de Carvajal, Hilarión, Largo y Mora (2002) y Torres y Mora (2004), con actualizaciones realizadas por los autores de este artículo.

Unidades básicas (de los modelos teóricos del oxígeno, atómico, dualista, unitario y estructural)

Tabla 2. Modelo teórico del oxígeno propuesto por Antoine Laurent Lavoisier (finales del siglo XVIII).

Unidad básica: MT del oxígeno	Estructura de cuerpo teórico (ECT)	Es de estructura de concepto explicativo preferente. El concepto oxígeno subyace en todo el sistema.
	Correlaciones y generalizaciones	<ul style="list-style-type: none"> • El agua y el aire no son elementos sino un compuesto y una mezcla respectivamente. • Subyace el concepto de elemento como sustancia simple que no puede subdividirse más como límite actual (para ese momento) al que llega el análisis químico. • Subyace el principio de la conservación de la masa. • Lavoisier nunca habló del concepto de afinidad química; sin embargo, llegó a considerar la oxidación y la reducción como pérdida o ganancia de oxígeno explicando también la pérdida o disminución del peso.
	Ontología del cuerpo teórico (O)	La tabla de elementos constaba de 33 elementos y permitió cambios fundamentales de la nomenclatura química (fue un arma fundamental contra la teoría del flogisto), a partir del concepto de elemento y la formación de una terminología apropiada en función de los elementos primitivos.
	Campo de aplicación (CA)	Aunque la química moderna iniciada por Lavoisier se centralizó en la neumática o estudio de los gases, se puede decir que su impacto también lo generó en los procesos de calcinación (como combustión lenta), fermentación, respiración, transpiración, reducción de los óxidos metálicos, formación de ácidos, composición del agua y del aire, tabla de elementos, conservación de la masa, tabla de afinidades.
	Principios metodológicos (M)	Metodología cuantitativa apoyada en la ley de la conservación de la masa, donde pesar y medir se transformaron en lo fundamental; por eso a Lavoisier se le conoce también como el revolucionario de la balanza al utilizarla con fines distintos a sus antecesores.
	Instrumentos y técnicas (I)	Lavoisier usó la balanza, el gasómetro, la bomba neumática, el barómetro, el calorímetro y el termómetro (a diferencia de Stahl que usó principalmente el fuego, las retortas y los alambiques), transformando de esta manera las condiciones de las prácticas de laboratorio.
Subcuerpo teórico: MT de la combustión	Estructura de cuerpo teórico (ECT)	Es de estructura de conjunto compacto: es un MT más fundamentado y potente que el del oxígeno), que se explica por las leyes de combustión.
	Leyes de combustión	<ul style="list-style-type: none"> • En toda combustión hay desprendimiento de materia, fuego y luz. • Los cuerpos no pueden quemarse más que en un número muy pequeño de aires. • En toda combustión hay destrucción o descomposición del aire puro en el que se realiza la combustión, y el cuerpo quemado aumenta de peso exactamente en proporción a la cantidad de aire descompuesto. • En toda combustión el cuerpo quemado se convierte en un ácido.
	O, CA, M, I	Igual que para el MT del oxígeno.

Continúa

Continuación

Teoría colateral: MT del calor	1.1. Estructura de cuerpo teórico (ECT)	Concepto explicativo preferente. El concepto calórico subyace a todo el sistema.
	El calórico es un fluido elástico, imponderable (no puede pesarse ya que su masa es muy pequeña), que participa en la afinidad de las moléculas como fuerza repulsiva y atractiva. Permite explicar los cambios de estado físico, siendo el estado gaseoso el que más posee calórico. Lavoisier pudo haber entendido la afinidad química como una unión de capas de calórico entre elementos y la intensidad de las uniones se incrementaba por mayor atracción entre las capas de calórico, haciéndose esto más evidente en los elementos gaseosos, seguido de los líquidos y luego de los sólidos. Cuando se mezclaba agua y alcohol o agua y ácido sulfúrico la pérdida de volumen que se presentaba se explicaba como un desprendimiento de calórico (calor), bajo una mirada sustancialista del calor el cual era considerado un elemento, al igual que la luz.	

Tabla 3. Modelo teórico atómico propuesto por Jhon Dalton (comienzos del siglo XIX).

Unidad básica: MT de Dalton	Estructura de cuerpo teórico (ECT)	Es de estructura de conjunto compacto. Consiste en una ampliación de la estructura de cuerpo teórico establecida por Lavoisier en la que se adicionan las leyes ponderales (ley de las proporciones definidas o constantes de Proust, ley de las leyes volumétricas de Gay Lussac y Von Humbolt, la ley de las proporciones recíprocas de Richter y ley de las proporciones múltiples de Dalton).
	Correlaciones y generalizaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Los átomos constituyentes de un elemento son iguales en peso, forma, tamaño, etc. • Los compuestos se forman por la unión de átomos diferentes. No acepta en ningún momento la unión entre átomos de la misma especie ya que sus calóricos son de igual naturaleza y por ello se rechazan. • Las proporciones en que se unen los átomos para formar compuestos es una relación entera mínima.
	Ontología del cuerpo teórico (O)	Aunque plantea la existencia del átomo químico (entendido como instrumento de cálculo para asignar pesos relativos a los elementos asignar "fórmulas moleculares" a los átomos compuestos), y del átomo físico (el átomo físico es la existencia real de los átomos que se caracterizan por ser duros, esféricos y rodeados por una capa de calórico), este último no fue aceptado sino 100 años después. La noción de molécula en Dalton está ausente ya que no admitía la unión de átomos del mismo elemento. Es el átomo químico el principio ontológico, el cual es definido como unidad estructural y fundamental en la constitución de la materia, como unidad de combinación y cambio químico al plantearlos como reordenamiento de átomos. Dalton dio a los elementos un sentido ontológico mientras que Lavoisier no lo tenía, proporcionándole una base empírica al atomismo griego. En general, la ontología fue caracterizada bajo un principio de simplicidad.
	Campo de aplicación (CA)	Mejora el campo de aplicación planteado por Lavoisier al enfrentarse al problema del cambio químico como un proceso afinidades y de separación de partículas y su posterior reorganización en la que se conserva la identidad de las partículas atómicas. Fue influenciado por los trabajos de Volta sobre la pila eléctrica. La teoría daltoniana trabaja en campos como la meteorología, el aire, los gases en general, las masas atómicas, los pesos moleculares, la síntesis química, las formulas químicas (por ejemplo, la del agua expresada como HO), la relación de las cantidades mínimas enteras y la combinación de las sustancias.
	Principios metodológicos (M)	La metodología es exactamente la misma utilizada por Lavoisier, es decir los aspectos cuantitativos iniciados en la física de Newton, apuntando al estudio de las leyes ponderales y la estequiometría, al cual le da sentido.
	Instrumentos y técnicas (I)	Este aspecto tampoco cambió con respecto a Lavoisier, destacándose técnicas e instrumentos como la balanza y el gasómetro aplicado al campo de la gravimetría.

Tabla 4. Modelo teórico dualista propuesto por Jons Jakob Berzelius (segunda década del siglo XIX).

Unidad básica: MT dualista o de los radicales	Estructura de cuerpo teórico (ECT)	Es de estructura de concepto explicativo preferente. El concepto de radical entendido como un grupo de átomos que reaccionan como una unidad, presentando una polaridad definida y el cual puede pasar de una estructura a otra sin presentar cambio alguno preexistiendo en los compuestos, y en el cual las fórmulas inorgánicas guardan una estrecha relación con la construcción de las fórmulas orgánicas. Es el elemento articulador del MT dual en química orgánica. Su trabajo es una continuidad de las ideas de Lavoisier y Dalton.
	Correlaciones y generalizaciones	El radical es definido por Berzelius como una sustancia simple capaz de unirse en determinado caso con el oxígeno (siguiendo las ideas de Lavoisier) para formar un compuesto orgánico y que generalmente consta de carbono e hidrógeno en las sustancias vegetales y en las sustancias animales, además de poseer carbono e hidrógeno pueden contener nitrógeno o azufre; sin embargo, hay que aclarar que tal teoría es basada en la ley de combinación química propuesta por Berzelius para la química mineral y que según la cual las sales son productos de adición binarios de ácido y base, y éstos a su vez son productos de adición binarios de metal y oxígeno y metaloide y oxígeno, respectivamente. La unión se efectúa por pares, de allí que su teoría se llame dualista electroquímica, la cual Berzelius transfiere a la química orgánica fuertemente influenciada por las ideas vitalistas o fuerza que explicaba el comportamiento de lo orgánico por lo que no era posible sintetizarlas en el laboratorio.
	Ontología del cuerpo teórico (O)	El equivalente electroquímico más exactamente relacionado con los conceptos de afinidad y enlace, es el centro de interés de la teoría. Berzelius desarrolló una teoría electroquímica muy hábil, donde caracterizó cada cuerpo o compuesto dependiendo de su polaridad positiva o negativa, llamando así a las primeras electropositivas y a las segundas electronegativas; donde en la formación de un compuesto tales polaridades contrarias se atraen. El problema de la afinidad en el dualismo electroquímico es considerado por atracción y repulsión de cargas, así mismo la sustitución en un compuesto de un elemento electronegativo o electropositivo se podía presentar siempre y cuando el elemento entrante fuese más electronegativo o más electropositivo respectivamente.
	Campo de aplicación (CA)	La síntesis, el aislamiento y la purificación de miles de compuestos; así mismo se determinan los pesos atómicos de varios elementos, paralelamente se crea una nomenclatura basada en los símbolos descritos por las primeras letras del nombre de los elementos, la cual se asemeja a la nomenclatura actual; también se trabajó sobre las fórmulas químicas para varios ácidos orgánicos como para el cítrico, el tartárico, entre otros.
	Principios metodológicos (M)	La metodología es de tipo cuantitativo, con el objetivo de que en el análisis se obtuvieran las proporciones de los elementos en los diversos compuestos, del mismo modo para la consecución de tal fin se utilizan fenómenos relacionados con la electricidad, el calor (ley sobre los calores específicos de Dulong y Pettit) y la cristalografía.
	Instrumentos y técnicas (I)	Desarrolla el análisis al soplete, se utilizan por primera vez los vasos de precipitados, embudos de vidrio, frascos lavadores, papel filtro, crisol de platino, balanzas con pesas, lámpara de secado, cubeta de mercurio, horno, baño de arena; los procesos de calentamiento se hacen con el mechero de alcohol o mechero de Berzelius, que luego es sustituido por el mechero Bunsen; se reemplazan los tubos de cuero cocido por los de caucho.

Tabla 5. Modelo teórico unitario propuesto por Auguste Laurent (décadas del treinta y cuarenta del siglo XIX).

Unidad básica: MT unitario o MT del núcleo	Estructura de cuerpo teórico (ECT)	Es de estructura de conjunto compacto. La teoría del núcleo como la denominó Laurent en su tesis doctoral en 1837, presuponía un modelo cristalográfico geométrico, el cual se sustenta en modelos teóricos o leyes: teoría o ley empírica de la sustitución, modelo teórico del núcleo, MT del tipo unitario o primera teoría de los tipos, MT de los tipos o segundo MT de los tipos.
	Correlaciones y generalizaciones El modelo teórico unitario concibe la formación de moléculas integradas por átomos y se constituye la reactividad misma dependiendo no de la naturaleza del átomo sino de su posición dentro de la molécula; así se deduce que el concepto de afinidad toma otra concepción comparándolo con las concepciones del MT dualista, en el cual la afinidad se concibe como la atracción de cargas opuestas pertenecientes a elementos de polaridad diferente, y que como producto de las combinaciones estas cargas se neutralizan. En el MT unitario, la afinidad deja de ser un problema de atracción de cargas y de sustitución de unos elementos por otros, de igual polaridad, para convertirse en una sustitución progresiva, de un módulo o básico o núcleo, como lo llamó Laurent, sin que estas sustituciones estuviesen regidas por su carácter eléctrico, sino que a partir de un cambio de condiciones podían obtenerse unos radicales derivados a partir de radical fundamental obteniéndose todos los compuestos orgánicos, o lo que es lo mismo, los compuestos orgánicos se derivan de un hidrocarburo o radical fundamental, y que dependiendo de la serie la molécula se vería alterada o, por el contrario, el edificio químico seguiría intacto. Sin embargo, el MT unitario no se interesó por el problema de la afinidad.	
	Ontología del cuerpo teórico (O)	El centro de interés es la molécula considerada como la unidad pertinente en el estudio de las reacciones químicas y que para Laurent es la cantidad más pequeña de cuerpo simple que puede remplazarse para efectuar una reacción química, se desarrolla con el concepto de núcleo. La molécula sustituye el radical u ontología de la teoría predecesora. Lo fundamental es la posición de los átomos en las moléculas lo que permitió posteriormente el desarrollo del MT de los tipos de Gerhardt, Williamson y Hoffman, en los cuales ya se entrevió una estructura plana de las moléculas que permitía la síntesis de nuevas sustancias (por ejemplo, en las moléculas tipo agua o tipo amoníaco), así de las moléculas tipo agua se podían obtener alcoholes y éteres, del tipo amoníaco se obtenían las aminas, nitruros y arseniatos, del tipo hidrógeno se podían sintetizar las parafinas, y del tipo ácido clorhídrico los haluros y cianuros. Estas fórmulas no fueron consideradas en su época como representativas de moléculas reales sino como instrumentos de información para predecir las síntesis.
	Campo de aplicación (CA)	El campo de aplicación sin duda es la síntesis orgánica. Para la época se inicia una demarcada tendencia por la obtención de productos que cada vez se hacían indispensables para la industria: preparación, aislamiento, identificación y purificación. También permitió la clasificación de las moléculas orgánicas en tipos químicos pues incluso en 1840 se carecía de un sistema ya que se clasificaban de acuerdo con su procedencia natural y su nomenclatura era muy confusa. Las fórmulas pasaron a tener dos volúmenes de acuerdo con la ley de Avogadro, por ejemplo, la molécula del agua pasó de plantearse como H_4O_2 a H_2O . Sólo hasta Laurent se llegó a una distinción clara entre átomo y equivalente en 1846. Indicaba que la equivalencia era una relación que depende de la naturaleza de la reacción dada, mientras que la norma para la magnitud molecular debe buscarse en la densidad de vapor.
	Principios metodológicos (M)	El MT unitario cuenta con una metodología tanto cuantitativa como cualitativa; además, la cristalografía permite esclarecer el arreglo de los átomos en las moléculas, prediciendo las posibles sustituciones de elementos por otros.
Instrumentos y técnicas (I)	Laurent al igual que sus contemporáneos utilizaron goniómetro, barómetro, picnómetro, mechero de alcohol, etc. También se utilizaron aparatos diseñados para el análisis cuantitativo y montajes para determinación de sustancias.	

Tabla 6. Modelo teórico estructural propuesto por Friedrich August Kekulé (década del sesenta del siglo XIX).

Unidad básica: MT estructural	Estructura de cuerpo teórico (ECT)	Es de conjunto compacto, con las siguientes leyes de apoyo: ley de formación de cadenas de carbono (Cooper y Kekulé plantean la afinidad del átomo de carbono para unirse con otros átomos iguales o similares), tetravalencia del carbono, ley de valencia (E. Franklan planteó que cada átomo presenta una capacidad fija de combinación frente a otro u otros átomos), la espacialidad de la molécula y la hipótesis de Avogadro (que permitió hablar de moléculas formadas por átomos iguales). Kekulé también planteó la hipótesis de oscilaciones en la que se planteaba que las conformaciones estructurales no permanecían estáticas sino que los átomos se mantenían en constante movimiento u oscilaciones. Años después (1874) Lebel y Van't Hoff dieron el salto de las fórmulas planas a las fórmulas tridimensionales en el espacio.
	Correlaciones y generalizaciones Con el MT estructural se replantearon muchos de los conceptos hasta ahora manejados; por ejemplo, se encontraron explicaciones referentes al número de átomos de carbono en los hidrocarburos llamados saturados, hasta el hecho de que los átomos de hidrógeno estén siempre en número par en los hidrocarburos y a la estabilidad y la variedad infinita de combinaciones de carbono. Esto significó hacer de la química orgánica una ciencia autónoma, con una explicación lógica y coherente tanto desde el punto de vista experimental como teórico. De igual forma se encontró una justificación a la teoría de las sustituciones al igual que a los planteamientos sobre las moléculas gaseosas diatómicas. A partir de entonces se comprendió la razón por la que en 1860 en el Congreso de Karlsruhe, Canizaro pudo convencer a la mayoría del auditorio. Tras la muerte del dualismo electroquímico y con la idea de una afinidad de un elemento hacia sí mismo, los obstáculos principales para la aceptación de la hipótesis de Avogadro habían desaparecido. Por este motivo se hablará de la "Ley" de Avogadro a partir de la década de 1860.	
	Ontología del cuerpo teórico (O)	La molécula vista como la unidad funcional y estructural a partir de la cual gira todo el comportamiento químico de las sustancias tiene espacialidad tridimensional, y donde el carbono es el punto de unión y de acción de los demás átomos, lo que permite posteriormente explicar el isomerismo geométrico y óptico.
	Campo de aplicación (CA)	La industria del alquitrán, de los colorantes, de los medicamentos, de los perfumes, así como de los explosivos, los minerales se vieron mejorados gracias al MT estructural. También se empieza a explicar y aplicar los fenómenos fotoquímicos en los procesos químicos físicos.
	Principios metodológicos (M)	Principios cuantitativos con énfasis en la cristalografía y la óptica. Defendió una concepción gradualista del descubrimiento científico: los esquemas teóricos se organizan y se mejoran mediante transformaciones sucesivas en la que incluso los sueños y sus recuerdos son parte del desarrollo de las mismas teorías.
	Instrumentos y técnicas (I)	Higrómetro, espectroscopio, mechero Bunsen, batería, calorímetro de hielo, válvula Bunsen y fotómetro.

Tipos de cambio**Tabla 7.** Los modelos teóricos dualista y unitario.

Cambios	Características
En el número de elementos que cambian en el paso de (ub)¹ a (ub)²:	<ul style="list-style-type: none"> • Se considera como un cambio total y revolucionario al periodo comprendido entre el MT dual y el MT unitario de Laurent ya que son modificados todos los elementos que conforman las unidades básicas. • El centro de interés de los modelos teóricos rivales cambia a partir del contexto sobre el cual se esboza su MT rival, es decir, cambia su ontología y todos los criterios que enmarcan la evaluación de teorías, por ende, el poder explicativo de los diversos sucesos. • Tal revolución es similar al periodo comprendido entre el flogisto de Sthal y la química del oxígeno de Lavoisier en el siglo VIII. Ambos periodos se reconocen actualmente como revolucionarios en el ámbito científico.

Continúa

Continuación

<p>El cambio de cuerpo teórico en función de:</p>	<p><i>Cambios de estructura (C^e):</i> la estructura del MT es alterada pasando de ser de carácter explicativo preferente, donde la noción de radical permite la conformación de la unidad, en el MT unitario por el contrario se esboza a partir de una serie de leyes que de conformidad con el descubrimiento de nuevos hechos se va estructurando y soportando sobre la base de las anomalías presentadas por su antecesora; tales leyes son: la ley empírica de sustituciones de Dumas, MT del núcleo de Laurent, el primer MT de los tipos de Dumas y el segundo MT de los tipos de Gerarth; dicho análisis sugiere que la teoría encaja dentro de la estructura de conjunto compacto.</p>
<p>Las clases de elementos que cambian y las relaciones entre ellos, pudiéndose generar:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Cambios de predominio (C^d):</i> por otra parte, el principio ontológico también se ve claramente alterado remplazando el equivalente electroquímico por el de la molécula, para explicar las asociaciones de los diversos compuestos, así como para establecer las primeras nociones corroboradas empíricamente sobre reactividad química y, por tanto, análisis científico. • En el campo de aplicación es claro que se reduce en el MT unitario, ya que se orienta hacia la síntesis, purificación y análisis de diversos compuestos, permitiendo de esta forma la predicción de nuevos compuestos. • Los principios metodológicos que inicialmente se asociaban a los trabajos de electricidad, calor y cristalografía, en el MT unitario se reduce hacia la cristalografía, permitiendo grandes avances que sugieren las primeras nociones de la organización molecular. En cuanto a los instrumentos y las técnicas se conservan muchos de los predecesores, sin embargo, la forma en que analizan los resultados arrojados de la experimentación se interpretan de forma diferente, y con un grado de explicación mejor.

Tabla 8. Los modelos teóricos unitario y estructural.

Cambios	Características
<p>En el número de elementos que cambian en el paso de (ub)¹ a (ub)²:</p>	<p>Se considera como un cambio parcial ya que ambos modelos teóricos son de estructura de conjunto compacto donde muchas de las leyes son comunes.</p>
<p>El cambio de cuerpo teórico en función de:</p>	<p>Cambios de cuerpo teórico, pero no de estructura, ya que el principio ontológico en las dos es la molécula como instrumento de cálculo para la síntesis, mientras el campo de aplicación sigue siendo el mismo en los dos modelos teóricos, el cual está orientado hacia la síntesis de nuevas sustancias, pero se ve mejorado porque ya los fenómenos no son sólo producto de sustituciones sino de isomerías geométricas y estereoisomería (la síntesis es más especializada).</p>
<p>Las clases de elementos que cambian y las relaciones entre ellos, pudiéndose generar:</p>	<p><i>Cambios de predominio (C^d):</i> donde se mantienen los principios metodológicos; los instrumentos utilizados, el campo de aplicación y la ontología son más precisos y sofisticados.</p>

Criterios para juzgar los modelos teóricos**Tabla 9.** Criterios aplicados a los MT dual de Berzelius, unitario de Laurent y estructural de Kekulé.

Criterios	Dual (o de los radicales)	Unitario (o del núcleo)	Estructural
Lógicos	<ul style="list-style-type: none"> • El MT dual (o de los radicales) permite unificar el concepto de afinidad química. • Este modelo goza de simplicidad en la resolución de problemas. • Surgen anomalías que afectan al dualismo como la presencia de oxígeno en algunos radicales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se unifica el porqué de las sustituciones de elementos por otros dentro de una misma molécula, guardándose siempre la geometría del cristal. • Este modelo es contrastable, desde el punto de vista que las fórmulas utilizadas no informan sobre las propiedades químicas y físicas del compuesto. • Este MT es débil con respecto a su predecesora, en campos como la nomenclatura, el aprendizaje de la química y la aplicación de la química orgánica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se identifica la constitución y disposición de los átomos dentro de la molécula al igual que sus propiedades fisicoquímicas. • No se considera la existencia real de los átomos, aun cuando se obtienen resultados satisfactorios. • Las fórmulas químicas dibujadas como ristras de salchichas expresan únicamente las reacciones químicas.
Empíricos	<ul style="list-style-type: none"> • Se comprueba el dualismo electroquímico debido a los fenómenos eléctricos, más exactamente a la descomposición de las sales por medio de estos. • El MT dual en química inorgánica es aplicado a la química orgánica. • El MT de las cópulas se adapta al modelo dual en química orgánica para explicar el fenómeno de las sustituciones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se comprueba a partir de la experiencia el fenómeno de sustitución. • Se predice el comportamiento químico a partir de la sustitución de elementos dentro de la molécula; así mismo, a partir de las series homólogas se establecen relaciones entre los hidrocarburos. • La formulación de las moléculas era vaga y no ofrecía información acerca de la especialidad molecular. 	<ul style="list-style-type: none"> • El MT estructural permite explicar de forma sencilla el isomerismo óptico. • Se permite la síntesis de compuestos en el campo de la química aromática como consecuencia de la estructura cíclica. • Se explican diversos compartimientos de las sustancias con base en los trabajos de isomerismo óptico.
Sociológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Se comprueba en el ámbito científico la presencia de radicales en los compuestos orgánicos. • Se unifica la comunicación científica a través del uso de una nueva nomenclatura. • Para la época se sintetizan, purifican y analizan compuestos orgánicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se acepta la sustitución como un hecho real. • Se unifican los pesos atómicos y la proporción de elementos en la molécula. • Se acoge la hipótesis de Avogadro y Ampere según la cual volúmenes iguales de gases contienen el mismo número de partículas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se hace posible proyectar sobre el plano o predecir y verificar en el laboratorio diferentes reacciones químicas. • Se generan nuevos interrogantes sobre las estructuras internas de algunas moléculas. • Se utiliza la síntesis como herramienta de análisis de sustancias orgánicas.
Históricos	<ul style="list-style-type: none"> • Se incentiva el deseo de sintetizar, purificar y analizar las sustancias orgánicas. • Se abandona el sistema de símbolos de Dalton, creándose una simbología muy parecida a la actual. • Áreas como la mineralogía, la agricultura y la geología, entre otras, se ven mejoradas. • Se estudian los radicales orgánicos a partir de su polaridad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Supera el dualismo electroquímico, explicando con un grado mayor de confiabilidad la sustitución. • El radical cambia su antigua concepción pasando de ser un ente eléctrico, para convertirse en una agrupación de átomos. • Se consolidan nuevos modelos teóricos gracias a su aceptación y comprobación que superan el dualismo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se unifican criterios fisicoquímicos establecidos con base en los reordenamientos de las moléculas. • Se unifican criterios con los de valencia, isomería y tetravalencia del carbono. • Permite la clasificación y diferenciación entre compuestos con similitudes en sus propiedades físicas y químicas.

Tabla 10. Trama conceptual evolutiva del cambio químico relacionado con el MT estructural en química orgánica.

<p>Trama conceptual a nivel macroscópico. Nivel de formulación 1 El cambio químico es un proceso de transformación de una(s) sustancia(s) en otra(s) diferente(s) de la(s) inicial(es)</p>	<p><i>Enunciado intermedio 1.1</i> En Lavoisier el concepto de cambio químico y afinidad no es objeto de estudio de sus teorías, pero se induce que lo concibe como un problema de capas de calórico. Se conserva la masa y las relaciones ponderales son constantes. La química analítica centrada en el análisis elemental cualitativo.</p>
<p>Trama conceptual basada en el MT atómico de Jhon Dalton. Nivel de formulación 2 El cambio químico es un proceso de reorganización de los átomos de los elementos para formar sustancias diferentes a las iniciales.</p>	<p><i>Enunciado intermedio 2.1</i> • Dalton plantea el cambio químico como un reordenamiento de las partículas, aplicando el principio de máxima simplicidad y apoyado por el trabajo de Newton de explicar la afinidad como un problema de atracción gravitacional en un mundo de átomos y sus capas de calórico. • Además da sentido a las leyes empíricas ponderales usadas en estequiometría.</p>
<p>Trama conceptual basada en la teoría dual. Nivel de formulación 3 En el MT dual los compuestos orgánicos se constituyen por atracción de radicales con cargas opuestas.</p>	<p><i>Enunciado intermedio 3.1</i> El cambio químico se considera como cambio de elementos de igual carácter pero de mayor polaridad (intensidad de carga).</p>
	<p><i>Enunciado intermedio 3.2</i> El MT dual se modifica como MT de las cópulas y éste entiende el cambio químico como sustitución pero en la que los radicales se adaptan en sus fórmulas, para que las sustituciones sean posibles en sus estructuras sin prescindir de las cargas eléctricas comunes.</p>
<p>Trama conceptual basada en el MT unitario. Nivel de formulación 4 El cambio químico entendido como la sustitución progresiva de un elemento por otro en la molécula, esta última convertida en el centro de interés a partir del cual se dan las reacciones químicas.</p>	<p><i>Enunciado intermedio 4.1</i> Con los planteamientos del MT del núcleo, el cambio químico se ve analizado desde el punto de vista cristalográfico según el cual un elemento electropositivo puede sustituirse por uno electronegativo sin que esto afecte la geometría del cristal.</p>
	<p><i>Enunciado intermedio 4.2</i> La sustitución de ciertos átomos pertenecientes a diferentes elementos en una misma molécula para dar origen a compuestos finales, los cuales no difieren en gran proporción sus propiedades fisicoquímicas, permitiendo que se consolide la química orgánica y por tanto el abandono del dualismo de Berzelius.</p>
<p>Trama conceptual basada en el MT estructural. Nivel de formulación 5 En el MT estructural la química orgánica se consolida gracias a los descubrimientos de la tetravalencia del carbono, el isomerismo óptico y la geometría molecular.</p>	<p><i>Enunciado intermedio 5.1</i> El carbono surge como el punto de acción alrededor del cual gira todo el comportamiento químico orgánico, permitiendo pasar plenamente del campo del análisis al de la síntesis, gracias al descubrimiento de la arquitectura de las moléculas, dando lugar a los planteamientos sobre mecanismos de reacción, y a infinidad de compuestos.</p>
	<p><i>Enunciado intermedio 5.2</i> • La química orgánica posee estructuras lineales y estructuras cíclicas, como la de los compuestos aromáticos. • Las moléculas pasan de ser planas a ser tridimensionales.</p>

Conclusiones

Se han establecido distintos niveles de progresión histórico-epistemológica producto de la identificación de las unidades básicas, los tipos de cambios experimentados por las unidades básicas y los criterios de actuación racional, en el proceso de rivalización y cambio revolucionario, coincidiendo con la segunda revolución química planteada por

Jensen (1988b), generado entre el MT dual *versus* el MT unitario que dieron origen en el siglo XIX al MT estructural en química orgánica.

Estos niveles se presentan como sugerentes a la hora de diseñar tramas didácticas del contenido (TDC) las cuales determinarán las unidades didácticas en que se distribuya un posible currículo de formación en química orgánica. ▲

Bibliografía

- Bermúdez, G. y De Longhi, A. L. (2006). Propuesta curricular de hipótesis de progresión para conceptos estructurantes de ecología. *Campo Abierto*. 25(2), 13-38.
- Carvajal, A. L.; Hilarion, V.; Largo, S. G. y Mora, P. W. (2002). *Estudio didáctico del desarrollo histórico epistemológico del concepto de cambio químico en la química orgánica del siglo XIX*. Trabajo de grado de Licenciatura en Química. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Chevallard, I. (1991). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique.
- Duschl, R. (1997). *Renovar la enseñanza de las ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid: Narcea.
- Erduran, S. (2001). Philosophy of chemistry: an emerging field with implications for chemistry education. En: Bevilacqua, F.; Giannetto, E. y Matthews, M. (eds.) (2001). *Science education and culture. The contribution of history and philosophy of science*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, pp. 165-177.
- Estany, A. (1990). *Modelos de cambio científico*. Barcelona: Editorial Crítica.
- Garriz, A. y Trinidad-Velasco, R. (2004). El conocimiento pedagógico del contenido. *Educación Química*, 15(2), 98-102.
- García Díaz, E. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Sevilla: Díada.
- _____. (2000). Educación ambiental y ambientalización del currículo. En: Perales, F; Cañal, P. (comps.) (2000). *Didáctica de las ciencias experimentales*. Madrid: Marfil, pp. 585-613.
- _____. (2004). *Educación ambiental, constructivismo y complejidad*. Sevilla: Díada.
- Gess-Newsome, J., Lederman, N. G. (1999). *Examining Pedagogical Content Knowledge. The Construct and its Implications for Science Education*. Boston: Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers.
- Hashweh, M. Z. (2005). Teacher pedagogical constructions: a reconfiguration of pedagogical content knowledge. *Teachers and teaching: theory and practice*, 11(3), 273-292.
- Kincheloe, J. (2001). *Hacia una revisión crítica del pensamiento docente*. Colección Repensar la Educación N.º 12. Barcelona: Octaedro.

- Martínez, R. C. (2005). De los contenidos al conocimiento escolar en las clases de ciencias. *Educación y Pedagogía*, 17(43), 149-162.
- Mora, W. (1999a). Modelos de enseñanza-aprendizaje y desarrollo profesional: elementos para la cualificación docente. *Revista Educativa Voluntad*, 3, 4-16.
- _____. (1999b). Elementos para la renovación curricular de los proyectos de formación inicial del profesorado de química: una propuesta desde la pedagogía y la didáctica como disciplinas fundantes. *Educación y Pedagogía*, 11(25), 120-145.
- Mora, W.; García, A. y Mosquera, C. (2002). Bases para la construcción de un cuerpo conceptual didáctico del desarrollo histórico epistemológico de los conceptos estructurantes de la química. *Revista Científica*, 4, 259-286.
- Mora, W.; Parga, D. y Espitia, M. (2004). *Molécula II, Química*. Bogotá: Voluntad.
- Mora, W. y Parga, D. (2005a). De las investigaciones en preconcepciones sobre mol y cantidad de sustancia, hacia el diseño curricular en química. *Educación y Pedagogía*, 17(43), 164-175.
- _____. (2005b). Evaluación por competencias y estándares de competencia en el campo de la enseñanza de las ciencias y la educación ambiental. *Enunciación*, 10, 73-84.
- Mosquera, C.; Mora, W. y García, A. (2003). *Conceptos fundamentales de la química y su relación con el desarrollo profesional del profesorado*. Bogotá: Colciencias - Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Parga, D. y Martínez, L. (2007). *Conocimiento didáctico del contenido curricular en química: una estrategia sustentada en el diseño de tramas conceptuales*. Proyecto de investigación DQU 025-07. Bogotá: Centro de Investigaciones de la Universidad Pedagógica Nacional.
- Porlán, R. y Rivero, A. (1998). *El conocimiento de los profesores. Una propuesta formativa en el área de ciencias*. Serie Fundamentos 8. Sevilla: Díada.
- Posner, G. (2005). *Análisis de currículo*. México: McGraw Hill.
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- _____. (1999). Foreword. En: Gess-Newsome, J. y Lederman, N.G. (eds.). *Examining Pedagogical Content Knowledge. The Construct and its Implications for Science Education*. Dordrecht: The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, pp. IX-XII.
- Tamayo, A. O. y Orrego, C. M. (2005). Aportes de la naturaleza de la ciencia y del contenido pedagógico del conocimiento para el campo conceptual de la educación en ciencias. *Educación y Pedagogía*. 17(43), 13-25.
- Torres, L. y Mora, W. (2004). *De las tramas históricas a las tramas didácticas: una propuesta para el diseño de unidades didácticas en química orgánica*. Trabajo de grado de licenciatura en química. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Van Driel, J.; Jong, O. y Veerloop, N. (2002). The Development of Preservice Chemistry Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Science Education* 86, 572-590.
- Veal, W. R. (1998). The Evolution of Pedagogical Content Knowledge in Prospective Secondary Chemistry Teachers. *Proceedings of the Annual*

Meeting of the National Association of Research in Science Teaching, pp. 1-47. San Diego, CA. Consultado

el 22 de agosto de 2006 en: <http://www.educ.sfu.ca/narstsite/conference/98conference/veal2.pdf>

Bibliografía especializada en historia y epistemología de la química consultada para el análisis de las THE

- Aragón de la Cruz, F. (2004). *Historia de la química: De Lavoisier a Pauling*. Madrid: Editorial Síntesis.
- Bachelard, G. (1976). *El materialismo racional*. Buenos Aires: Editorial Paidós.
- Besaude-Vincet B. y Stengers I. (1997). *Historia de la Química*. Salamanca: Addison-Wesley.
- Bojtkowiak, B. (1987). *Historia de la química. De la antigüedad a 1950*. Zaragoza: Editorial Acribia.
- Brock, W. (1998). *Historia de la química*. Madrid: Editorial Alianza.
- Brown, H. (1959). Foundation of the Structural Theory. *Journal of Chemical Education*, 36(3), 104-110.
- Crosland, M. (2003). Research schools of chemistry from Lavoisier to Wurtz. *British Society for the History of Science, BJHS*, 36(3), 333-361.
- Del Re, G. (1998). Ontological Status of Molecular Structure. *HYLE - International Journal for Philosophy of Chemistry*, 4(21), 81-103.
- Estany, A. (1995). Louis Proust y la revolución ontológica de John Dalton. *Arbor*, 598 y 599, 111-135.
- Fuentes, G. y Muñoz, L. (2003). La teoría de la aromaticidad: un programa de investigación. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 14, 73-87.
- Halperin D. (1967). *Dalton, Avogadro, Ampere. Teoría Atómico Molecular. Los fundamentos*. Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires.
- _____. (1967). *Lavoisier*. Buenos Aires: Centro Editor de América Latina.
- Hiebert, E. (1959). The Experimental Basis of Kekule's Valence Theory. *Journal of Chemical Education*, 36(7), 320-327.
- Jensen, W. B. (1988a). I. Does Chemistry Have a Logical Structure? *Journal of Chemical Education*, 75(6), 679-687.
- _____. (1988b). III. One Chemical Revolution or Three? *Journal of Chemical Education*, 75(8), 961-969.
- Kapoor, S. C. (1969). The Origins of Laurent's Organic Classification. *Isis*, 60(4), 477-527.
- Leicester, H. M. (1967). *Panorama Histórico de la Química*. Madrid: Editorial Alambra.
- Mason, S. F. (1995). From Phlogiston to Caloric and Oxygen. *Notes and Records of the Royal Society of London*, 49(2), 338-340.
- McEvoy, J. G. (1988). Continuity and Discontinuity in the Chemical Revolution. *Osiris*, 4, 195-213.
- Moore, F. (1953). *Historia de la Química*. Buenos Aires: Editorial Salvat.
- Partington, J. R. (1945). *Historia de la Química*. Buenos Aires: Espasa-Calpe.

- Rocke, A. L. (1984). *Chemical atomism in 19th Century: From Dalton to Cannizzaro*. Columbus: Ohio State University Press.
- Serratosa, F. (1969). Centenario de la teoría del anillo bencénico de Kekulé (1865-1965). En: Serratosa, F. (1969). *Khymos*. Madrid: Editorial Alambra, pp. 159-187.
- Zeidler, P. (2000). The Epistemological Status of Theoretical Models of Molecular Structure. *HYLE - International Journal for Philosophy of Chemistry*, 6(1), 17-34.