



Cabeza femenina -Par/ná Galería Nacional-

**LOS TEXTOS DE QUÍMICA:
UN ANÁLISIS CRÍTICO DESDE
UNA PERSPECTIVA EPISTEMOLÓGICA,
CIENTÍFICA Y DIDÁCTICA**

Berta Lucila Henao Sierra
Javier Darío Rodríguez Ortiz
Gloria María Cardona Cataño

LOS TEXTOS DE QUÍMICA: UN ANÁLISIS CRÍTICO DESDE UNA
PERSPECTIVA EPISTEMOLÓGICA, CIENTÍFICA Y DIDÁCTICA

Este informe de investigación presenta los criterios epistemológicos, científicos y didácticos elaborados por los autores para el análisis de algunos textos escolares de química, y los resultados de aquélla, donde se devela la imagen de ciencia que proyectan, la propuesta didáctica que plantean y la resistencia al cambio en el sistema educativo que reflejan.

CHEMISTRY TEXTBOOKS: A CRITICAL ANALYSIS FROM AN
EPISTEMOLÓGICA^ SCIENTIFIC, AND TEACHING PERSPECTIVE.

This report presents the epistemológica!, scientific, and teaching criteria created by the authors for analyzing some chemistry textbooks used at school. It also presents the research results which evidence the scientific image that those textbooks try to show, their teaching approach and the refusal to a change in the education system.

LES TEXTES DE CHIMIE: UNE ANALYSE CRITIQUE A PARTIR D'UNE
APPROCHE ÉPISTÉMOLOGIQUE, SCIENTIFIQUE ET DIDACTIQUE.

Ce rapport de recherche présente les critères épistémologiques, scientifiques et didactiques choisis par les auteurs pour analyser certains manuels scolaires de chimie. Les résultats de cette recherche nous offrent aussi l'image de science projetée par ces manuels, leur choix didactique et la résistance au changement du système éducatif.

LOS TEXTOS DE QUÍMICA: UN ANÁLISIS CRÍTICO DESDE UNA PERSPECTIVA EPISTEMOLÓGICA, CIENTÍFICA Y DIDÁCTICA*

Berta Lucila Hena Sierra Javier
Darío Rodríguez Ortíz* **" Gloria
María Cardona Cataño**"**

INTRODUCCIÓN

Resulta importante y pertinente abordar desde una perspectiva crítica el análisis de los textos escolares de química, con el fin de develar la imagen que de ciencia y conocimiento científico se proyecta y la relación de ésta con la propuesta didáctica planteada en cada uno de ellos.

Atendiendo a lo anterior, se realizó la presente investigación monográfica, cuyo eje principal fue la construcción de criterios de análisis desde una perspectiva epistemológica, pedagógica y di-

dáctica, que permiten un abordaje crítico de los textos escolares de química.

El estudio se justifica en la medida que comparte los siguientes supuestos:

- El texto y los manuales escolares han sido, desde el siglo XVII, "los libros" que, de acuerdo con las ideas de Comenio, contienen aquello que debe ser enseñado a los niños de acuerdo con su edad y su inteligencia.

Trabajo de investigación monográfico adelantado en el postgrado en Educación en Ciencias Experimentales de la Universidad de Antioquia, bajo la dirección del grupo de Enseñanza de las Ciencias Experimentales.

* * Profesora Departamento de Educación Infantil, Facultad de Educación, Universidad de Antioquia. Dirección:
blucila@ayura.udea.edu.co

*** Profesor Centro Formativo de Antioquia.

**** Secretaría de Educación, Municipio de Envigado.

El carácter de "guía" que se ha dado a los textos en el sistema escolar, plantea la necesidad de una reflexión a cerca de las implicaciones que su utilización tiene en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

Subyace en el texto una propuesta didáctica, que amerita ser investigada. En este sentido develar la propuesta didáctica y lo que ella implica para el maestro y para el alumno, y para la imagen de ciencia que proyecta, se constituye en un asunto de principal importancia.

1. METODOLOGÍA

Fundamentados en el trabajo de varios investigadores (reseñados en Cardona et al., 1988), se construyeron los siguientes *criterios de análisis (preguntas)*, desde una perspectiva histórica, epistemológica y crítica de la ciencia contemporánea. Estos indicadores se diseñaron para visualizar el concepto de ciencia, la fundamentación epistemológica y la concepción de didáctica de diferentes textos de química.

Criterios que permiten visualizar el concepto de ciencia presente en el texto:

- * Presenta la ciencia y el conocimiento científico como:
 - ¿Verdadero, universal y único?
 - ¿Construcción humana condicionada y comprometida?
- * Se refiere a la metodología científica:
 - ¿Cómo un método único, conjunto de etapas ordenadas para el éxito y de naturaleza infalible?
 - ¿Refiere diferentes estrategias metodológicas para acceder al conocimiento?
- * Con respecto a los contenidos:
 - ¿Presenta los contenidos como "productos" y hechos probados?
 - ¿Problematiza el conocimiento y presenta explicaciones?

- * ¿Se refiere el texto al lenguaje y la lógica cuánticas?
- * ¿Incorpora el texto investigación actual en química? *Criterios que permiten una mirada epistemológica sobre el texto:*
- * ¿Incluye el texto los estudios históricos de la química?
- * ¿Permite el texto un rastreo histórico y epistemológico de los conceptos al ubicarlos en sus respectivas teorías?
- * ¿Hace el texto alusión a las comunidades científicas y a su papel en la construcción de conocimiento?
- * ¿Cómo se plantea en el texto la relación entre conocimiento común, científico y escolar?
- * ¿Qué estatus epistemológico da a la realidad -observación, experimentación- y a la racionalización o teorización?
- * Estatus que se da a la matematización de los conceptos.
- * Forma en la cual se presentan en el texto las relaciones entre ciencia-tecnología y sociedad (C.T.S.).

Criterios para develar la propuesta didáctica planteada en el texto:

- * ¿Qué modelo de aprendizaje —tradicional, por descubrimiento o constructivista—, subyace en el texto?
- * La propuesta didáctica tiene como eje central:
 - Los contenidos y/o los objetivos.
 - Problematicación del conocimiento (elaboración de explicación y significados).
- * ¿Los contenidos se presentan como productos disciplinares y se ordenan en una secuencia acorde con la lógica formal de la química?

- * ¿Plantea el texto actividades y momentos metodológicos que favorecen la construcción del conocimiento escolar con base en la comprensión, la creatividad y la reflexión?
- * ¿Se involucran paradigmas actuales en didáctica tales como el análisis de ideas alternativas y la autorregulación del aprendizaje?
- * ¿Qué paradigma de evaluación se plantea en el texto?

En relación con la arquitectura del texto, desde la perspectiva didáctica se debe analizar:

- * Pertinencia e implicación de los dibujos, fotografías, gráficos, iconos, lecturas, tablas y en general la información no textual.

Una vez construidos y organizados los criterios de análisis se procedió a realizar el estudio de los textos escolares de química elegidos para tal fin.

La lectura crítica de los textos se realizó aplicando cada uno de los criterios o su respectiva categoría a la serie de textos ordenados en forma cronológica (fecha de edición o publicación), ejercicio que implicó, para el grupo de investigación, momentos de trabajo individual y momentos de trabajo en grupo, tanto para la lectura como para los análisis y en algunos casos para la reconstrucción de criterios.

Las respuestas fueron compiladas privilegiando la copia textual, la fotocopia de apartes o la elaboración de escritos que guardan fidelidad con el texto de origen.

Con el material compilado se construyó la parte de la monografía que presenta y recrea las respuestas, dando cuenta de los análisis pertinentes y de la relación entre aquéllas, teniendo como punto clave de referencia el tipo de currículo que reflejan.

En muchos casos, obviamente, hubo un entrecruzamiento de respuestas en aspectos que hacen referencia a diferentes pautas del examen; no obstante, los hallazgos fueron organizados de manera ilustrativa, permitiendo el análisis de resultados y la elaboración de conclusiones.

Tanto la metodología utilizada como los criterios construidos para este estudio, son propuestas que debe ser tomadas solo como punto de referencia para que cada profesor, como intelectual investigador, analice en forma crítica los textos escolares y los utilice si lo considera conveniente.

2. MATERIALES

Los textos analizados fueron:

AUBAD, Aquilino et al. (1985). *Hacíala química 1*. Bogotá: Temis S.A.

COLECCIÓN G.M.BRUÑO (1925). *Elementos de química usual*. Paris: Librería de la Vda de Che.

DAUB, William y SEESE, William (1996/ *Química*. México: Prentice Hall Hispanoamericana S.A.

GÓMEZ, Miguel Ángel et al. (1988). *Investiguemos 10*. Bogotá: Voluntad S.A.

GUZMÁN, Nora y SÁNCHEZ, Martha (1995). *Química 10. Química general e inorgánica*. Bogotá: Santillana

MONTOYA POTES, Rafael (1975). *Química fundamental*. Medellín: Bedout S.A.

_____ (1990). *Química moderna 10*. Medellín: Bedout Editores S.A.

MORA PENAGOS, William et al. (1997). *Spin química 10*. Santa Fé de Bogotá: Voluntad.

PIMENTEL, George C. et al. (1970). *Química: Experimentación y deducción*. Versión Latinoamericana. Colombia: Norma.

POVEDA, Julio César (1984). *Química 2. Guía del Profesor*. Santa Fé de Bogotá: Educar Editores.

_____ (1984,1995,1997). *Química 1*. Bogotá: Educar Editores.

RESTREPO M, Fabio etal. (1983). *Química básica*. Envigado: Susaeta.

RESTREPO ML, Fabio y RESTREPO M., **Jairo** (1989). *Hola química*. Envigado: Susaeta.

VARGAS, Leonel y RESTREPO, Fabio (1967). *Los principios fundamentales de química general básica*. Medellín: Editorial Bedout

Es importante anotar que los textos elegidos para este estudio han sido abordados por los autores de este trabajo con anterioridad al mismo, desde su experiencia como estudiantes o desde su rol de profesores de química en la Educación Básica y Media.

3. RESULTADOS

Un acercamiento crítico a algunos textos escolares de química, con base en los criterios de análisis propuestos, permitió develar la visión de ciencia que los fundamenta y las correlaciones que de esta visión se derivan en relación con la enseñanza y el aprendizaje.

En algunos textos la concepción de ciencia se explícita en apartes que suelen estar en los prólogos, en las introducciones o en secciones dedicadas a tratar ideas preliminares, consignando dicha concepción en citas que evocan inmediatamente la imagen de ciencia acabada, de conjunto o colección de "resultados". Los conocimientos científicos se consideran entonces productos que se coleccionan, acumulan y ordenan en una forma "lógica", para que luego sean aprendidos.

Si bien algunos textos no hacen relación explícita a la ciencia y al conocimiento científico, es posible ver que subyace implícita la misma concepción, pues aparecen los conceptos como verdades acabadas, como definiciones, datos o fórmulas. No hay referencia a la construcción de conocimiento como explicación de los fenómenos.

Los conceptos simplemente aparecen y son presentados como verdades, datos y aseveraciones que deben ser aprendidos; pero, ¿qué

explican estos conceptos?, ¿en qué teorías están enmarcados?, ¿a qué problemas responde?, ¿cómo se llegó a su construcción?, ¿qué problemas se planteó la comunidad científica al respecto?. No se plantea en los textos respuesta a estos interrogantes.

En los textos analizados, se devela la tendencia hacia la "información" cuando los contenidos se resaltan en recuadros, letra en negrilla, color de fondo, con un Recuerde ® o en: glosario, clave de estudio, notas al ladillo, resumen, etc., inscribiéndose, así, en un currículo de corte tradicional, para el cual sólo son objeto de enseñanza los productos de la ciencia, es decir, los contenidos: definiciones, fórmulas, datos, etc.

Se entrecruza en la concepción de ciencia como resultado, el aspecto relacionado con la propuesta didáctica reflejada en la *arquitectura del texto*, poniendo en evidencia la creencia en que una determinada forma de organizar y presentar los contenidos es requerimiento suficiente para lograr el aprendizaje.

La presentación de contenidos, la ejemplificación de problemas resueltos y la forma de plantear las preguntas, implican tendencia a la mecanización y memorización, aspecto éste que se corrobora al examinar los apartes dedicados a "evaluación", en los cuales las preguntas tipo test con items de completación y apareamiento, entre otros, evocan un recuerdo literal, respuestas cerradas y únicas, contenidas en el mismo texto. No se propicia la búsqueda de posibles explicaciones, ni la comprensión de principios y leyes, y menos aún la creatividad. Se privilegia la evaluación acumulativa

Es frecuente encontrar en los libros de texto (años 1970-1990), la referencia a la química como una ciencia eminentemente experimental, cuyo criterio de validez está dado por la utilización del "método científico", presentando éste como un procedimiento en el cual subyace el éxito de la investigación científica y como único camino a seguir si se desea investigar.

Tratando de fundamentar así una propuesta de aprendizaje por descubrimiento, se recurre a la concepción empiropositivista de la ciencia,

con sus planteamientos de objetividad y veracidad, colocando la observación y la experimentación como puntos iniciales y centrales del trabajo científico, desconociendo el papel de las teorías en los procesos de la ciencia. Se desconoce el carácter de tecnoconstructos, a todos aquellos instrumentos que, se considera, amplían la percepción humana.

Sin embargo, la propuesta de aprendizaje por descubrimiento se desdibuja, aún en la forma de presentar las prácticas de laboratorio como "recetas", cuyos procedimientos son indicados paso a paso, propiciando la mecanización e impidiendo el desarrollo de la iniciativa y la creatividad.

Corroboran la imagen de ciencia como producto y las propuestas de enseñanza que les son propias, los análisis en relación con la historia y la epistemología de la química, al verificar que en los textos analizados se desconoce casi por completo la importancia de abordar la historia de la construcción de los conocimientos en química y que se concibe la historia de las ciencias como registro de hechos, experimentos, teorías, modelos, etc., en relación con algunas fechas y personas.

No se abordan las fundamentaciones filosóficas de la química contemporánea y por lo tanto las propuestas de aprendizaje no apuntan a cambios conceptuales en términos culturales o de cosmovisión. Tampoco se plantea una enseñanza que propicie la autorreflexión, el desarrollo de la racionalidad, ni la potenciación de habilidades de pensamiento.

4. CONCLUSIONES

- Los textos de química analizados son un fiel reflejo de la inercia y la resistencia al cambio que caracterizan un sistema educativo que aún hoy responde a esquemas dogmáticos sobre la ciencia y su enseñanza.
- A pesar de los notables avances en el uso de tecnologías para una mejor impresión y presentación, el avance inmensurable de la ciencia y especialmente de la química no se refleja en estos textos, así como tampoco responden a las nuevas propuestas para la enseñanza y el aprendizaje (en relación con sus fechas de edición).

Aun los textos de los años ochenta incluyen como novedad las ideas de ciencia y aprendizaje por "descubrimiento", enmarcadas en currículos eminentemente tradicionales con algunos rasgos de currículo tecnológico. Cuando ya en el mundo se han debatido ampliamente las propuestas constructivistas, apenas algunos textos de los años 1995,1996 y 1997 incluyen unos pocos términos y algunas actividades enmarcadas en esta línea.

En los textos analizados no se logra configurar una respuesta al reto que implica implementar una adecuada formación científica y tecnológica, para el desarrollo del país.

Si el maestro no tiene una sólida formación y no está en permanente actualización en química y pedagogía, el texto le improndrá la visión de ciencia y la propuesta didáctica que lo sustenta. Solo un maestro capaz de un análisis reflexivo aprovechará el texto como un medio didáctico entre otros, reconociendo las implicaciones de su utilización, como material con carencias, limitaciones y fallas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARDONA, G; HENAO, B. y RODRÍGUEZ, J. (1998). *Los textos de química: un análisis crítico desde una perspectiva epistemológica, científica y didáctica*. Especialización en Educación en Ciencias Experimentales. Monografía, Medellín.

JIMÉNEZ, J.D. y PERALES, EJ. (1997). "Las ilustraciones de Mecánica elemental en los libros de texto de física y química de la ESO". En : *Enseñanza de las Ciencias*. No. Extra. V Congreso.

MONTOYA POTES, Rafael (1975). *Química fundamental*. Medellín: Bedout S.A. p. 7.

_____ (1990). *Química moderna 10*. Medellín: Bedout Editores S.A. p.3.

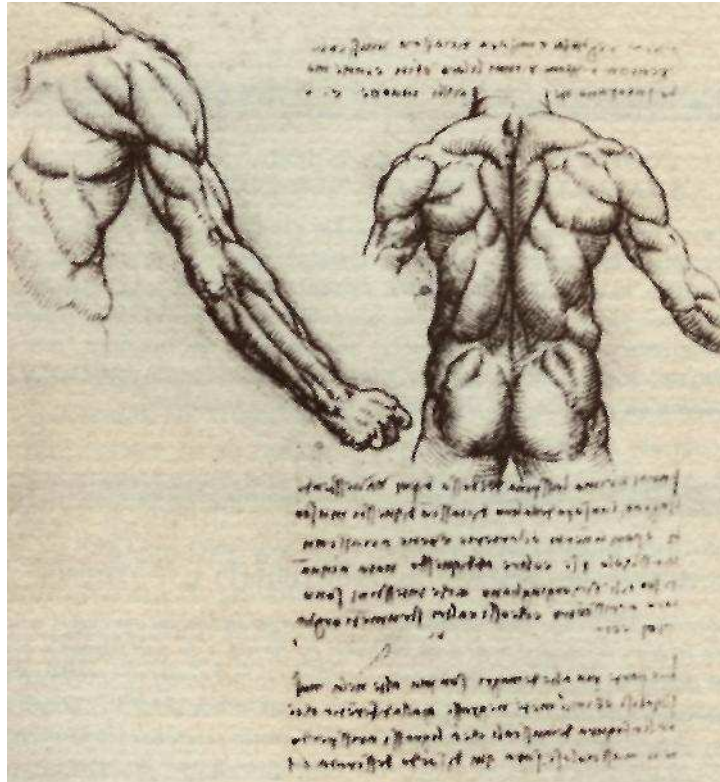
MORA PENAGOS, William et al. (1997). *Spin química 10*. Santa Fé de Bogotá: Voluntad, p. 264.

PIMENTEL, George C. et al. (1970). *Química: Experimentación y deducción*. Versión Latinoamericana. Colombia: Norma, p. 5,7,36.

PORLÁN, Rafael (1995). *Constructivismo y escuela*. Sevilla: Diada Editora, p. 177.

POVEDA, Julio César (1984). *Química 2. Guía del profesor*. Santa Fé de Bogotá: Educar Editores, p. 4-6.

_____ (1995). *Química 1*. Santa Fé de Bogotá: Educar Editores, p. 3-4.



Musculatura del dorso y de la parte superior. -Anatomía, Folios B.-

CONCEPTUALIZACION EN TORNO A LA MATERIA, A LA LUZ DE LA HIPÓTESIS DE INCOMPATIBILIDAD

Carmen Rosa Basto F.
Licenia María Rodríguez P.
Luis Carlos Granda V.
Sol Marina Muñoz G.

CONCEPTUALIZACION EN TORNO A LA MATERIA, A LA
LUZ DE LA HIPÓTESIS DE INCOMPATIBILIDAD

Inspirado en el artículo de Slotta, Chi y Joram (1995) se llevó a cabo un trabajo de contextualización de la hipótesis de incompatibilidad entre conocimiento cotidiano y conocimiento científico, en el área de la química. Producto de este trabajo se puede afirmar que los dominios ontológicos y metafísicos que sustentan los conceptos de la química están en una esfera diferente a las ideas y creencias que manejan los niños en edad escolar. La investigación contempló el trabajo con estudiantes de noveno grado (novatos) y profesionales con formación en química, dos de ellos con doctorado (expertos).

CONCEPTUALIZATIONS CONCERNING MATTER
ACCORDING TO AN INCOMPATIBILITY HYPOTHESIS

The contextualization of the incompatibility hypothesis between everyday and scientific knowledges, in the chemistry field was inspired by Slotta, Chi and Joram's article (1995). As a result of this work, it can be said that the ontological and metaphysical fields supporting chemistry concepts are in a different sphere from that where school children's ideas and beliefs are. This research was made with ninth grade students (beginners) and with professionals in chemistry, two of them with a doctor's degree (experts).

CONCEPTUALISATION AUTOUR DE LA MATIERE A
PARTIR DE L'HYPOTHÈSE D'INCOMPATIBILITÉ

Ce travail de contextualisation de l'hypothèse d'incompatibilité de la connaissance quotidienne et la connaissance scientifique, dans le domaine de la chimie, s'inspire de l'article de Slotta, Chi et Joram (1995). D'après ce travail on peut dire que les domaines ontologiques et métaphysiques qui sous-tendent les concepts de la chimie se trouvent dans une sphère différente de celle des idées et des croyances des enfants en l'âge scolaire. La recherche a été conduite auprès d'élèves en quatrième année du secondaire (apprentis) et de professionnels connaisseurs de la chimie, dont deux docteurs (experts).

CONCEPTUALIZACION EN TORNO A LA MATERIA, A LA LUZ DE LA HIPÓTESIS DE INCOMPATIBILIDAD*

Carmen Rosa Basto F* * Licenia

María Rodríguez P* ** Luis

Carlos Granda V* '* Sol Marina

Muñoz G* *'

INTRODUCCIÓN

Todo docente en ciencias naturales ha tropezado alguna vez en su trabajo, con la inquietante evidencia de la multiplicidad de acepciones que una misma palabra puede tener en contextos distintos, e incluso la diversidad de significados que adquieren los términos al interior del aula de clases.

Investigaciones recientes permiten sustentar que la diversidad de acepciones para una misma palabra, va más allá de un simple

problema lingüístico y demanda un proceso de contextualización de los conceptos dentro de parámetros ontológicos, metafísicos y psicológicos, característicos de las disciplinas y de la cultura de base de los sujetos (Mortimer, 1995; Slotta et al. 1995).

Slotta et al. (1995), sustentan la idea de que los dominios de la ciencia y los dominios que soportan el conocimiento cotidiano tienen diferencias en su base, involucran concepciones de orden ontológico y creencias de

Trabajo de investigación monográfico, adelantado en el postgrado en Educación en Ciencias Experimentales de la Universidad de Antioquia, bajo la dirección del grupo de Enseñanza de las Ciencias Experimentales

** Profesora Liceo José María Bernal (Caldas)

* * * Profesora Liceo José María Bernal (Caldas)

**** Profesor Liceo Cardenal Anibal Muñoz Duque (Santa Rosa de Osos)

***** Profesora Escuela Normal Pedro Justo Berrio (Santa Rosa de Osos)

Dirección: albas3@hotmail.com

naturaleza metafísica que soportan la construcción de realidades en uno y en otro contexto.

Las implicaciones del trabajo de Slotta et al., en el campo del aprendizaje de las ciencias, permite sustentar que en el proceso de cambio conceptual de un sistema de creencias por otro sistema de creencias, involucra un reconocimiento de las diferencias ontológicas y metafísicas, que configura la estructura cognitiva de los novatos (estudiantes en edad escolar), con los requerimientos ontológicos y metafísicos que demanda la conceptualización de las disciplinas científicas.

2. DISEÑO EXPERIMENTAL

El objeto de este estudio fue identificar el pensamiento que los participantes (novatos y expertos) tienen sobre el concepto científico de materia. Se elaboró un cuestionario constituido por diecinueve pares isomórficos. El par isomórfico está conformado por dos preguntas con una estructura similar en cuanto a su formulación; no obstante, su conceptualización y respuesta se ubican en dos contextos distintos.

Un ejemplo de par isomórfico es el siguiente:

1. Generalmente, cuando un objeto se calienta aumenta de tamaño, fenómeno conocido como dilatación; se puede afirmar que al calentarse un objeto:
 - a. Aumenta el tamaño de sus partículas.
 - b. Se agitan más intensamente sus partículas y aumenta la distancia entre ellas.
 - c. Aumenta el número de sus partículas.
 - d. Otra respuesta (escríbala).

1. Al preparar crispetas ocurre que:
 - a. Los granos de maíz pira al transformarse en crispetas aumentan de tamaño.

- b. Se aumenta la cantidad de granos de maíz.
- c. Se disminuye la cantidad de granos.
- d. Otra respuesta (escríbala).

La muestra de participantes en la investigación estuvo representada por nueve estudiantes del grado noveno de la Educación Básica Secundaria y cuatro profesores universitarios de química, dos de ellos con doctorado en química. A los primeros se les denominó novatos y a los segundos expertos.

Para el análisis de las respuestas dadas por los participantes se aplicó el "test de categorías" propuesto por Slotta et al. (1995), el cual permite valorar el lenguaje, usado por novatos y expertos, al tratar de explicar la razón de la elección de las respuestas.

El análisis del uso del lenguaje permite dar cuenta del estatus ontológico que los participantes asignan a los conceptos involucrados en sus explicaciones; así, por ejemplo, cuando el participante argumenta que «el agua caliente extrae el olor de otra sustancia», le está atribuyendo al agua una característica de corte animista.

2. METODOLOGÍA

Se siguió la metodología registrada por Slotta et al. (1995):

- Selección de los conceptos a estudiar, en este caso: continuidad-discontinuidad de la materia, substancialismo, conservación de la masa y dualidad como interacción materia-energía y onda-partícula, por considerarlos ejes fundamentales en la comprensión de la química.
- Se formularon los pares isomórficos involucrando la siguiente estructura de respuesta:
 - a) Concepción "materialista" del problema: Se elaboró imaginando el concepto como sustancia material.
 - b) Concepción del concepto como proceso. Se derivó esta alternativa de la concepción científica del problema.

- c) Una alternativa basada en las preconcepciones sobre los fenómenos estudiados registrada en la literatura especializada.
- d) Otra respuesta (escríbala): Se incluyó en todas las preguntas para dar oportunidad a todos los participantes de manifestar una opción no incluida en las respuestas.
- Los participantes eligieron una de las alternativas de respuesta en cada problema y luego explicaron la razón de la selección. En esta parte se elaboró un protocolo donde se consignaron los distintos predicados utilizados por cada participante.
- Análisis de los protocolos de explicación de los participantes.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los predicados utilizados por los participantes mostró los siguientes resultados:

1. En relación con los preconceptos sobre *continuidad-discontinuidad*, los expertos entienden la materia como constituida por partículas en movimiento, que generan campos de fuerzas. Las interacciones generadas entre ellas y las distancias intermoleculares son las responsables del cambio de volumen en cuerpos sometidos a variaciones energéticas, así como de los fenómenos de difusión de gases y de la dispersión de la luz por partículas coloidales.

Los novatos no conciben la materia como constituida por partículas y por tanto no hacen ninguna referencia a sus interacciones; los novatos, cuando hacen alusión a los átomos, no establecen relaciones entre el comportamiento de estos y las propiedades físicas. En sus predicados se encuentran concepciones animistas y sustancialistas como forma de explicar diversos fenómenos. Si bien algunos novatos escogieron opciones de respuesta similares a las escogidas por expertos, sus predicados verbales no correspondieron a respuestas de tipo científico.

En cuanto a las respuestas sobre los problemas cotidianos, tanto los novatos como los expertos coinciden en el tipo de predicados.

Aquí los expertos cambian el lenguaje utilizado, respondiendo con términos distintos a los usados en el campo de la ciencia. Los novatos siguen empleando predicados similares a los utilizados cuando responden las preguntas científicas.

2. En relación con el concepto de *conservación de la materia* los expertos hacen referencia a las variables involucradas en tal fenómeno como: área, volumen, estado de agregación, distancias intermoleculares, las cuales varían por efectos de presión y temperatura, sin determinar alteración de la masa, ya que ésta permanece constante.

Los novatos no poseen claridad con respecto a los fenómenos relacionados con los cambios de estado de la materia; manifiestan, por ejemplo, que al «evaporarse un líquido su masa desaparece ya que los gases no pesan», o por el contrario, que «los vapores ejercen mayor presión sobre el sistema por lo cual su masa aumenta». Asumen el calor como algo material, al afirmar que «éste es el que infla al globo», y además conceden a las partículas fundamentales la propiedad de dilatarse o "estirarse" (debido al efecto observado); otros conciben la dilatación como un «aumento en el número de partículas» del cuerpo dilatado e incluso algunos sostienen que «muchas sustancias por el calor se contraen» debido a la «disminución en su número de partículas». No obstante, algunos novatos respondieron como expertos diciendo que «en la dilatación no aumenta ni disminuye el número de partículas», sino que éstas «se mueven», «se separan», «se aceleran».

Al analizar los predicados utilizados para explicar los problemas cotidianos, se observó que tanto expertos como novatos coinciden en el tipo de explicaciones. Algunas de las respuestas de los expertos a problemas de la cotidianidad fueron muy científicas, mientras que unos novatos piensan que al disolverse un sólido en un líquido el peso de aquel también se disuelve.

3. Con respecto al *sustancialismo*, los expertos argumentaron sobre los procesos de disolución, como interacciones entre partículas, y sobre los colores y sus variaciones, como absorción de

radiaciones que modifican la estructura molecular de los pigmentos; en general, sus conceptos referidos a estos problemas fueron claros e inscritos en la categoría ontológica de procesos.

Fue evidente la pobreza del lenguaje en las explicaciones de los novatos y se pudo apreciar que para fenómenos como cambio de color, la explicación es de naturaleza material; por ejemplo, «el color se evapora» o «los granos de color se disuelven». Este tipo de explicaciones son eminentemente substancialistas; las propiedades macroscópicas son un reflejo del mundo microscópico.

En las respuestas dadas a problemas cotidianos, los expertos se refirieron a afinidades, a causas, a consecuencias, sin extenderse mucho en explicaciones de tipo científico; los novatos aquí fueron más prolíficos en sus explicaciones, todas las respuestas tuvieron un marcado corte substancialista y animista. Se nota poca diferencia en las respuestas de los dos grupos de participantes, en cuanto a predicados de movimiento y percepción; en cambio, hay gran diferencia en las respuestas que explican propiedades de las sustancias.

4. En cuanto a *dualidad*, los expertos dieron explicaciones precisas, cortas y de gran contenido científico, refiriéndose a procesos de interacción, mientras que los novatos en ningún momento hicieron referencia a dichos procesos, tratando de explicar sus respuestas por las propiedades observables de los fenómenos; mostraron poca comprensión de conceptos como: color, luz, energía, sonido e imagen, mezclándolos sin una caracterización apropiada en cada caso.

Los expertos, en su mayoría, asocian la materia a un concepto filosófico, mientras que los novatos respondieron sin argumentos propios, remitiéndose a la autoridad de libros y profesores; dijeron: «eso es lo que nos enseñan». Definieron la materia como todo aquello que se puede percibir por los sentidos.

5. CONCLUSIONES

- La revisión de los resultados obtenidos sobre las preconcepciones en química, revela posibles orígenes que van desde lo intuitivo (realismo, substancialismo) hasta lo social (formación de los maestros, influencia del entorno) y analógico (comparaciones inadecuadas, utilizadas en la enseñanza de los conceptos de la química), e indican la posible existencia de un obstáculo fundamental que sería la categorización ontológica inadecuada, por parte de los novatos y de algunos expertos, de conceptos relacionados con la materia.

La incompatibilidad entre categorías ontológicas limita la posibilidad de acceder a conceptos científicos como: disoluciones, enlaces químicos, cambios físicos y químicos. Esta incompatibilidad entre las categorías se refuerza a diario por las vivencias cotidianas del novato, donde sus preconcepciones le resultan útiles para explicar el mundo.

- Una aplicación de tipo pedagógico que se deriva del presente trabajo, está relacionado con la necesidad de que los profesores de química realicen el diseño específico de unidades didácticas sobre la materia, en donde tanto los estudiantes puedan confrontar sus propias concepciones con las explicaciones científicas. Lo anterior involucra un nivel de ejercicio metacognitivo donde tanto el profesor como el estudiante se hagan conscientes de los diferentes sistemas de creencias y de esta manera aprendan a superar los obstáculos epistemológicos que no permiten la conceptualización científica.
- Los expertos ubican el concepto de materia en la categoría ontológica de procesos, ya que la conciben como la interacción entre partículas-energía y como constituyente de los cuerpos: «está constituida por» y «es el constituyente de». Los novatos ubican el concepto de materia en la categoría de cosas materiales, lo que dificulta la comprensión de los conceptos científicos relacionados con la química.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASTO, C; RODRÍGUEZ, L.; GRANDA, L. y MUÑOZ, S. (1998). *Conceptualización en torno a la materia a la luz de la hipótesis de incompatibilidad*. Especialización en Educación en Ciencias Experimentales. Universidad de Antioquia, Monografía

SLOTTA, J. D.; CHI, M. TH. y JORAM, E. (1995). "Assessing Students Misclassifications of Physics Concept: An Ontological Basis for Conceptual Change». En : *Cognition and Instruction*. Vol. 13, No. 3. pp. 373 -400.

MORTIMER, E. (1995 - 1996). *Addressing Obstarles in the Classroom: An Example from Theory of Matter*. Facultad de educación de UFMG Belo Horizonte. Brazil. Paper presented at the European Conference on Research in Scienice Education. Leeds, UK, 7-11. April 1996.1. pp. 2 -10.



Cabeza femenina -Par/ná Galería Nacional-

**LOS TEXTOS DE QUÍMICA:
UN ANÁLISIS CRÍTICO DESDE
UNA PERSPECTIVA EPISTEMOLÓGICA,
CIENTÍFICA Y DIDÁCTICA**

Berta Lucila Henao Sierra
Javier Darío Rodríguez Ortíz
Gloria María Cardona Cataño

LOS TEXTOS DE QUÍMICA: UN ANÁLISIS CRÍTICO DESDE UNA
PERSPECTIVA EPISTEMOLÓGICA, CIENTÍFICA Y DIDÁCTICA

Este informe de investigación presenta los criterios epistemológicos, científicos y didácticos elaborados por los autores para el análisis de algunos textos escolares de química, y los resultados de aquélla, donde se devela la imagen de ciencia que proyectan, la propuesta didáctica que plantean y la resistencia al cambio en el sistema educativo que reflejan.

CHEMISTRY TEXTBOOKS: A CRITICAL ANALYSIS FROM AN
EPISTEMOLÓGICA^ SCIENTIFIC, AND TEACHING PERSPECTIVE.

This report presents the epistemológica!, scientific, and teaching criteria created by the authors for analyzing some chemistry textbooks used at school. It also presents the research results which evidence the scientific image that those textbooks try to show, their teaching approach and the refusal to a change in the education system.

LES TEXTES DE CHIMIE: UNE ANALYSE CRITIQUE A PARTIR D'UNE
APPROCHE ÉPISTÉMOLOGIQUE, SCIENTIFIQUE ET DIDACTIQUE.

Ce rapport de recherche présente les critères épistémologiques, scientifiques et didactiques choisis par les auteurs pour analyser certains manuels scolaires de chimie. Les résultats de cette recherche nous offrent aussi l'image de science projetée par ces manuels, leur choix didactique et la résistance au changement du système éducatif.

LOS TEXTOS DE QUÍMICA: UN ANÁLISIS CRÍTICO DESDE UNA PERSPECTIVA EPISTEMOLÓGICA, CIENTÍFICA Y DIDÁCTICA*

Berta Lucila Henoa Sierra Javier
Darío Rodríguez Ortíz* **" Gloria
María Cardona Cataño*"**

INTRODUCCIÓN

Resulta importante y pertinente abordar desde una perspectiva crítica el análisis de los textos escolares de química, con el fin de develar la imagen que de ciencia y conocimiento científico se proyecta y la relación de ésta con la propuesta didáctica planteada en cada uno de ellos.

Atendiendo a lo anterior, se realizó la presente investigación monográfica, cuyo eje principal fue la construcción de criterios de análisis desde una perspectiva epistemológica, pedagógica y di-

dáctica, que permiten un abordaje crítico de los textos escolares de química.

El estudio se justifica en la medida que comparte los siguientes supuestos:

- El texto y los manuales escolares han sido, desde el siglo XVII, "los libros" que, de acuerdo con las ideas de Comenio, contienen aquello que debe ser enseñado a los niños de acuerdo con su edad y su inteligencia.

Trabajo de investigación monográfico adelantado en el postgrado en Educación en Ciencias Experimentales de la Universidad de Antioquia, bajo la dirección del grupo de Enseñanza de las Ciencias Experimentales.

* * Profesora Departamento de Educación Infantil, Facultad de Educación, Universidad de Antioquia. Dirección:
blucila@ayura.udea.edu.co

*** Profesor Centro Formativo de Antioquia.

**** Secretaria de Educación, Municipio de Envigado.

El carácter de "guía" que se ha dado a los textos en el sistema escolar, plantea la necesidad de una reflexión a cerca de las implicaciones que su utilización tiene en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

Subyace en el texto una propuesta didáctica, que amerita ser investigada. En este sentido develar la propuesta didáctica y lo que ella implica para el maestro y para el alumno, y para la imagen de ciencia que proyecta, se constituye en un asunto de principal importancia.

1. METODOLOGÍA

Fundamentados en el trabajo de varios investigadores (reseñados en Cardona et al., 1988), se construyeron los siguientes *criterios de análisis (preguntas)*, desde una perspectiva histórica, epistemológica y crítica de la ciencia contemporánea. Estos indicadores se diseñaron para visualizar el concepto de ciencia, la fundamentación epistemológica y la concepción de didáctica de diferentes textos de química.

Criterios que permiten visualizar el concepto de ciencia presente en el texto:

- * Presenta la ciencia y el conocimiento científico como:
 - ¿Verdadero, universal y único?
 - ¿Construcción humana condicionada y comprometida?

- * Se refiere a la metodología científica:
 - ¿Cómo un método único, conjunto de etapas ordenadas para el éxito y de naturaleza infalible?
 - ¿Refiere diferentes estrategias metodológicas para acceder al conocimiento?

- * Con respecto a los contenidos:
 - ¿Presenta los contenidos como "productos" y hechos probados?
 - ¿Problematiza el conocimiento y presenta explicaciones?

- * ¿Se refiere el texto al lenguaje y la lógica cuánticas?
- * ¿Incorpora el texto investigación actual en química? *Criterios que permiten una mirada epistemológica sobre el texto:*
- * ¿Incluye el texto los estudios históricos de la química?
- * ¿Permite el texto un rastreo histórico y epistemológico de los conceptos al ubicarlos en sus respectivas teorías?
- * ¿Hace el texto alusión a las comunidades científicas y a su papel en la construcción de conocimiento?
- * ¿Cómo se plantea en el texto la relación entre conocimiento común, científico y escolar?
- * ¿Qué estatus epistemológico da a la realidad -observación, experimentación- y a la racionalización o teorización?
- * Estatus que se da a la matematización de los conceptos.
- * Forma en la cual se presentan en el texto las relaciones entre ciencia-tecnología y sociedad (C.T.S.).

Criterios para develar la propuesta didáctica planteada en el texto:

- * ¿Qué modelo de aprendizaje —tradicional, por descubrimiento o constructivista—, subyace en el texto?
- * La propuesta didáctica tiene como eje central:
 - Los contenidos y/o los objetivos.
 - Problematicación del conocimiento (elaboración de explicación y significados).
- * ¿Los contenidos se presentan como productos disciplinares y se ordenan en una secuencia acorde con la lógica formal de la química?

- * ¿Plantea el texto actividades y momentos metodológicos que favorecen la construcción del conocimiento escolar con base en la comprensión, la creatividad y la reflexión?
- * ¿Se involucran paradigmas actuales en didáctica tales como el análisis de ideas alternativas y la autorregulación del aprendizaje?
- * ¿Qué paradigma de evaluación se plantea en el texto?

En relación con la arquitectura del texto, desde la perspectiva didáctica se debe analizar:

- * Pertinencia e implicación de los dibujos, fotografías, gráficos, iconos, lecturas, tablas y en general la información no textual.

Una vez construidos y organizados los criterios de análisis se procedió a realizar el estudio de los textos escolares de química elegidos para tal fin.

La lectura crítica de los textos se realizó aplicando cada uno de los criterios o su respectiva categoría a la serie de textos ordenados en forma cronológica (fecha de edición o publicación), ejercicio que implicó, para el grupo de investigación, momentos de trabajo individual y momentos de trabajo en grupo, tanto para la lectura como para los análisis y en algunos casos para la reconstrucción de criterios.

Las respuestas fueron compiladas privilegiando la copia textual, la fotocopia de apartes o la elaboración de escritos que guardan fidelidad con el texto de origen.

Con el material compilado se construyó la parte de la monografía que presenta y recrea las respuestas, dando cuenta de los análisis pertinentes y de la relación entre aquéllas, teniendo como punto clave de referencia el tipo de currículo que reflejan.

En muchos casos, obviamente, hubo un entrecruzamiento de respuestas en aspectos que hacen referencia a diferentes pautas del examen; no obstante, los hallazgos fueron organizados de manera ilustrativa, permitiendo el análisis de resultados y la elaboración de conclusiones.

Tanto la metodología utilizada como los criterios construidos para este estudio, son propuestas que debe ser tomadas solo como punto de referencia para que cada profesor, como intelectual investigador, analice en forma crítica los textos escolares y los utilice si lo considera conveniente.

2. MATERIALES

Los textos analizados fueron:

AUBAD, Aquilino et al. (1985). *Hacíala química 1*. Bogotá: Temis S.A.

COLECCIÓN G.M.BRUÑO (1925). *Elementos de química usual*. Paris: Librería de la Vda de Che.

DAUB, William y SEESE, William (1996/ *Química*. México: Prentice Hall Hispanoamericana S.A.

GÓMEZ, Miguel Ángel et al. (1988). *Investiguemos 10*. Bogotá: Voluntad S.A.

GUZMÁN, Nora y SÁNCHEZ, Martha (1995). *Química 10. Química general e inorgánica*. Bogotá: Santillana

MONTOYA POTES, Rafael (1975). *Química fundamental*. Medellín: Bedout S.A.

_____ (1990). *Química moderna 10*. Medellín: Bedout Editores S.A.

MORA PENAGOS, William et al. (1997). *Spin química 10*. Santa Fé de Bogotá: Voluntad.

PIMENTEL, George C. et al. (1970). *Química: Experimentación y deducción*. Versión Latinoamericana. Colombia: Norma.

POVEDA, Julio César (1984). *Química 2. Guía del Profesor*. Santa Fé de Bogotá: Educar Editores.

_____ (1984,1995,1997). *Química 1*. Bogotá: Educar Editores.

RESTREPO M, Fabio etal. (1983). *Química básica*. Envigado: Susaeta.

RESTREPO ML, Fabio y RESTREPO M., **Jairo** (1989). *Hola química*. Envigado: Susaeta.

VARGAS, Leonel y RESTREPO, Fabio (1967). *Los principios fundamentales de química general básica*. Medellín: Editorial Bedout

Es importante anotar que los textos elegidos para este estudio han sido abordados por los autores de este trabajo con anterioridad al mismo, desde su experiencia como estudiantes o desde su rol de profesores de química en la Educación Básica y Media.

3. RESULTADOS

Un acercamiento crítico a algunos textos escolares de química, con base en los criterios de análisis propuestos, permitió develar la visión de ciencia que los fundamenta y las correlaciones que de esta visión se derivan en relación con la enseñanza y el aprendizaje.

En algunos textos la concepción de ciencia se explícita en apartes que suelen estar en los prólogos, en las introducciones o en secciones dedicadas a tratar ideas preliminares, consignando dicha concepción en citas que evocan inmediatamente la imagen de ciencia acabada, de conjunto o colección de "resultados". Los conocimientos científicos se consideran entonces productos que se coleccionan, acumulan y ordenan en una forma "lógica", para que luego sean aprendidos.

Si bien algunos textos no hacen relación explícita a la ciencia y al conocimiento científico, es posible ver que subyace implícita la misma concepción, pues aparecen los conceptos como verdades acabadas, como definiciones, datos o fórmulas. No hay referencia a la construcción de conocimiento como explicación de los fenómenos.

Los conceptos simplemente aparecen y son presentados como verdades, datos y aseveraciones que deben ser aprendidos; pero, ¿qué

explican estos conceptos?, ¿en qué teorías están enmarcados?, ¿a qué problemas responde?, ¿cómo se llegó a su construcción?, ¿qué problemas se planteó la comunidad científica al respecto?. No se plantea en los textos respuesta a estos interrogantes.

En los textos analizados, se devela la tendencia hacia la "información" cuando los contenidos se resaltan en recuadros, letra en negrilla, color de fondo, con un Recuerde ® o en: glosario, clave de estudio, notas al ladillo, resumen, etc., inscribiéndose, así, en un currículo de corte tradicional, para el cual sólo son objeto de enseñanza los productos de la ciencia, es decir, los contenidos: definiciones, fórmulas, datos, etc.

Se entrecruza en la concepción de ciencia como resultado, el aspecto relacionado con la propuesta didáctica reflejada en la *arquitectura del texto*, poniendo en evidencia la creencia en que una determinada forma de organizar y presentar los contenidos es requerimiento suficiente para lograr el aprendizaje.

La presentación de contenidos, la ejemplificación de problemas resueltos y la forma de plantear las preguntas, implican tendencia a la mecanización y memorización, aspecto éste que se corrobora al examinar los apartes dedicados a "evaluación", en los cuales las preguntas tipo test con items de completación y apareamiento, entre otros, evocan un recuerdo literal, respuestas cerradas y únicas, contenidas en el mismo texto. No se propicia la búsqueda de posibles explicaciones, ni la comprensión de principios y leyes, y menos aún la creatividad. Se privilegia la evaluación acumulativa

Es frecuente encontrar en los libros de texto (años 1970-1990), la referencia a la química como una ciencia eminentemente experimental, cuyo criterio de validez está dado por la utilización del "método científico", presentando éste como un procedimiento en el cual subyace el éxito de la investigación científica y como único camino a seguir si se desea investigar.

Tratando de fundamentar así una propuesta de aprendizaje por descubrimiento, se recurre a la concepción empiropositivista de la ciencia,

con sus planteamientos de objetividad y veracidad, colocando la observación y la experimentación como puntos iniciales y centrales del trabajo científico, desconociendo el papel de las teorías en los procesos de la ciencia. Se desconoce el carácter de tecnoconstructos, a todos aquellos instrumentos que, se considera, amplían la percepción humana.

Sin embargo, la propuesta de aprendizaje por descubrimiento se desdibuja, aún en la forma de presentar las prácticas de laboratorio como "recetas", cuyos procedimientos son indicados paso a paso, propiciando la mecanización e impidiendo el desarrollo de la iniciativa y la creatividad.

Corroboran la imagen de ciencia como producto y las propuestas de enseñanza que les son propias, los análisis en relación con la historia y la epistemología de la química, al verificar que en los textos analizados se desconoce casi por completo la importancia de abordar la historia de la construcción de los conocimientos en química y que se concibe la historia de las ciencias como registro de hechos, experimentos, teorías, modelos, etc., en relación con algunas fechas y personas.

No se abordan las fundamentaciones filosóficas de la química contemporánea y por lo tanto las propuestas de aprendizaje no apuntan a cambios conceptuales en términos culturales o de cosmovisión. Tampoco se plantea una enseñanza que propicie la autorreflexión, el desarrollo de la racionalidad, ni la potenciación de habilidades de pensamiento.

4. CONCLUSIONES

- Los textos de química analizados son un fiel reflejo de la inercia y la resistencia al cambio que caracterizan un sistema educativo que aún hoy responde a esquemas dogmáticos sobre la ciencia y su enseñanza.
- A pesar de los notables avances en el uso de tecnologías para una mejor impresión y presentación, el avance inmensurable de la ciencia y especialmente de la química no se refleja en estos textos, así como tampoco responden a las nuevas propuestas para la enseñanza y el aprendizaje (en relación con sus fechas de edición).

Aun los textos de los años ochenta incluyen como novedad las ideas de ciencia y aprendizaje por "descubrimiento", enmarcadas en currículos eminentemente tradicionales con algunos rasgos de currículo tecnológico. Cuando ya en el mundo se han debatido ampliamente las propuestas constructivistas, apenas algunos textos de los años 1995, 1996 y 1997 incluyen unos pocos términos y algunas actividades enmarcadas en esta línea.

En los textos analizados no se logra configurar una respuesta al reto que implica implementar una adecuada formación científica y tecnológica, para el desarrollo del país.

Si el maestro no tiene una sólida formación y no está en permanente actualización en química y pedagogía, el texto le improndrá la visión de ciencia y la propuesta didáctica que lo sustenta. Solo un maestro capaz de un análisis reflexivo aprovechará el texto como un medio didáctico entre otros, reconociendo las implicaciones de su utilización, como material con carencias, limitaciones y fallas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARDONA, G; HENAO, B. y RODRÍGUEZ, J. (1998). *Los textos de química: un análisis crítico desde una perspectiva epistemológica, científica y didáctica*. Especialización en Educación en Ciencias Experimentales. Monografía, Medellín.

JIMÉNEZ, J.D. y PERALES, EJ. (1997). "Las ilustraciones de Mecánica elemental en los libros de texto de física y química de la ESO". En : *Enseñanza de las Ciencias*. No. Extra. V Congreso.

MONTOYA POTES, Rafael (1975). *Química fundamental*. Medellín: Bedout S.A. p. 7.

_____ (1990). *Química moderna 10*. Medellín: Bedout Editores S.A. p.3.

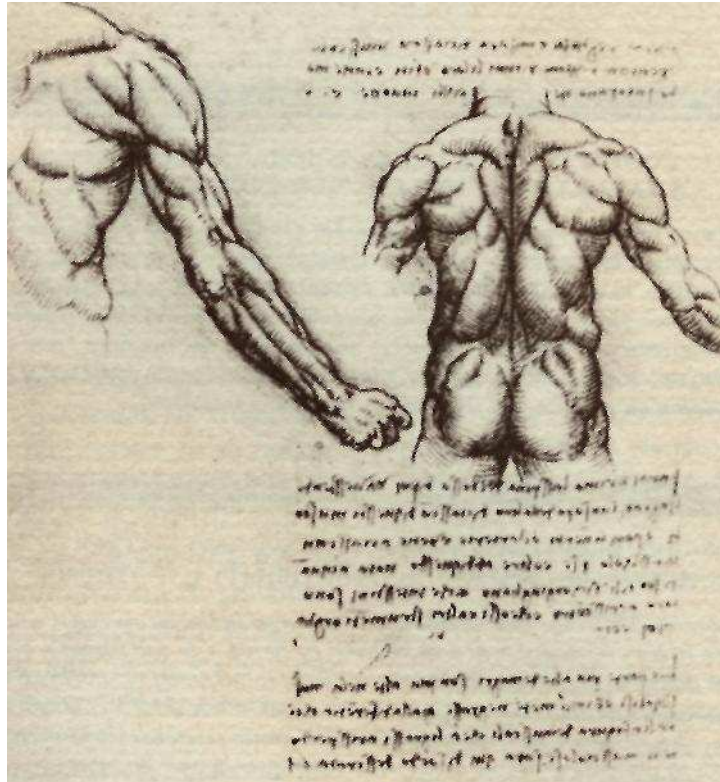
MORA PENAGOS, William et al. (1997). *Spin química 10*. Santa Fé de Bogotá: Voluntad, p. 264.

PIMENTEL, George C. et al. (1970). *Química: Experimentación y deducción*. Versión Latinoamericana. Colombia: Norma, p. 5,7,36.

PORLÁN, Rafael (1995). *Constructivismo y escuela*. Sevilla: Diada Editora, p. 177.

POVEDA, Julio César (1984). *Química 2. Guía del profesor*. Santa Fé de Bogotá: Educar Editores, p. 4-6.

_____ (1995). *Química 1*. Santa Fé de Bogotá: Educar Editores, p. 3-4.



Musculatura del dorso y de la parte superior. -Anatomía, Folios B.-

CONCEPTUALIZACION EN TORNO A LA MATERIA, A LA LUZ DE LA HIPÓTESIS DE INCOMPATIBILIDAD

Carmen Rosa Basto F.
Licenia María Rodríguez P.
Luis Carlos Granda V.
Sol Marina Muñoz G.

CONCEPTUALIZACION EN TORNO A LA MATERIA, A LA
LUZ DE LA HIPÓTESIS DE INCOMPATIBILIDAD

Inspirado en el artículo de Slotta, Chi y Joram (1995) se llevó a cabo un trabajo de contextualización de la hipótesis de incompatibilidad entre conocimiento cotidiano y conocimiento científico, en el área de la química. Producto de este trabajo se puede afirmar que los dominios ontológicos y metafísicos que sustentan los conceptos de la química están en una esfera diferente a las ideas y creencias que manejan los niños en edad escolar. La investigación contempló el trabajo con estudiantes de noveno grado (novatos) y profesionales con formación en química, dos de ellos con doctorado (expertos).

CONCEPTUALIZATIONS CONCERNING MATTER
ACCORDING TO AN INCOMPATIBILITY HYPOTHESIS

The contextualization of the incompatibility hypothesis between everyday and scientific knowledges, in the chemistry field was inspired by Slotta, Chi and Joram's article (1995). As a result of this work, it can be said that the ontological and metaphysical fields supporting chemistry concepts are in a different sphere from that where school children's ideas and beliefs are. This research was made with ninth grade students (beginners) and with professionals in chemistry, two of them with a doctor's degree (experts).

CONCEPTUALISATION AUTOUR DE LA MATIERE A
PARTIR DE L'HYPOTHÈSE D'INCOMPATIBILITÉ

Ce travail de contextualisation de l'hypothèse d'incompatibilité de la connaissance quotidienne et la connaissance scientifique, dans le domaine de la chimie, s'inspire de l'article de Slotta, Chi et Joram (1995). D'après ce travail on peut dire que les domaines ontologiques et métaphysiques qui sous-tendent les concepts de la chimie se trouvent dans une sphère différente de celle des idées et des croyances des enfants en l'âge scolaire. La recherche a été conduite auprès d'élèves en quatrième année du secondaire (apprentis) et de professionnels connaisseurs de la chimie, dont deux docteurs (experts).

CONCEPTUALIZACION EN TORNO A LA MATERIA, A LA LUZ DE LA HIPÓTESIS DE INCOMPATIBILIDAD*

Carmen Rosa Basto F* * Licenia
María Rodríguez P* ** Luis
Carlos Granda V* '* Sol Marina
Muñoz G* *'

INTRODUCCIÓN

Todo docente en ciencias naturales ha tropezado alguna vez en su trabajo, con la inquietante evidencia de la multiplicidad de acepciones que una misma palabra puede tener en contextos distintos, e incluso la diversidad de significados que adquieren los términos al interior del aula de clases.

Investigaciones recientes permiten sustentar que la diversidad de acepciones para una misma palabra, va más allá de un simple

problema lingüístico y demanda un proceso de contextualización de los conceptos dentro de parámetros ontológicos, metafísicos y psicológicos, característicos de las disciplinas y de la cultura de base de los sujetos (Mortimer, 1995; Slotta et al. 1995).

Slotta et al. (1995), sustentan la idea de que los dominios de la ciencia y los dominios que soportan el conocimiento cotidiano tienen diferencias en su base, involucran concepciones de orden ontológico y creencias de

Trabajo de investigación monográfico, adelantado en el postgrado en Educación en Ciencias Experimentales de la Universidad de Antioquia, bajo la dirección del grupo de Enseñanza de las Ciencias Experimentales

** Profesora Liceo José María Bernal (Caldas)

* * * Profesora Liceo José María Bernal (Caldas)

**** Profesor Liceo Cardenal Anibal Muñoz Duque (Santa Rosa de Osos)

***** Profesora Escuela Normal Pedro Justo Berrio (Santa Rosa de Osos)

Dirección: albas3@hotmail.com

naturaleza metafísica que soportan la construcción de realidades en uno y en otro contexto.

Las implicaciones del trabajo de Slotta et al., en el campo del aprendizaje de las ciencias, permite sustentar que en el proceso de cambio conceptual de un sistema de creencias por otro sistema de creencias, involucra un reconocimiento de las diferencias ontológicas y metafísicas, que configura la estructura cognitiva de los novatos (estudiantes en edad escolar), con los requerimientos ontológicos y metafísicos que demanda la conceptualización de las disciplinas científicas.

2. DISEÑO EXPERIMENTAL

El objeto de este estudio fue identificar el pensamiento que los participantes (novatos y expertos) tienen sobre el concepto científico de materia. Se elaboró un cuestionario constituido por diecinueve pares isomórficos. El par isomórfico está conformado por dos preguntas con una estructura similar en cuanto a su formulación; no obstante, su conceptualización y respuesta se ubican en dos contextos distintos.

Un ejemplo de par isomórfico es el siguiente:

1. Generalmente, cuando un objeto se calienta aumenta de tamaño, fenómeno conocido como dilatación; se puede afirmar que al calentarse un objeto:
 - a. Aumenta el tamaño de sus partículas.
 - b. Se agitan más intensamente sus partículas y aumenta la distancia entre ellas.
 - c. Aumenta el número de sus partículas.
 - d. Otra respuesta (escríbala).

1. Al preparar crispetas ocurre que:
 - a. Los granos de maíz pira al transformarse en crispetas aumentan de tamaño.

- b. Se aumenta la cantidad de granos de maíz.
- c. Se disminuye la cantidad de granos.
- d. Otra respuesta (escríbala).

La muestra de participantes en la investigación estuvo representada por nueve estudiantes del grado noveno de la Educación Básica Secundaria y cuatro profesores universitarios de química, dos de ellos con doctorado en química. A los primeros se les denominó novatos y a los segundos expertos.

Para el análisis de las respuestas dadas por los participantes se aplicó el "test de categorías" propuesto por Slotta et al. (1995), el cual permite valorar el lenguaje, usado por novatos y expertos, al tratar de explicar la razón de la elección de las respuestas.

El análisis del uso del lenguaje permite dar cuenta del estatus ontológico que los participantes asignan a los conceptos involucrados en sus explicaciones; así, por ejemplo, cuando el participante argumenta que «el agua caliente extrae el olor de otra sustancia», le está atribuyendo al agua una característica de corte animista.

2. METODOLOGÍA

Se siguió la metodología registrada por Slotta et al. (1995):

- Selección de los conceptos a estudiar, en este caso: continuidad-discontinuidad de la materia, substancialismo, conservación de la masa y dualidad como interacción materia-energía y onda-partícula, por considerarlos ejes fundamentales en la comprensión de la química.
- Se formularon los pares isomórficos involucrando la siguiente estructura de respuesta:
 - a) Concepción "materialista" del problema: Se elaboró imaginando el concepto como sustancia material.
 - b) Concepción del concepto como proceso. Se derivó esta alternativa de la concepción científica del problema.

- c) Una alternativa basada en las preconcepciones sobre los fenómenos estudiados registrada en la literatura especializada.
 - d) Otra respuesta (escríbala): Se incluyó en todas las preguntas para dar oportunidad a todos los participantes de manifestar una opción no incluida en las respuestas.
- Los participantes eligieron una de las alternativas de respuesta en cada problema y luego explicaron la razón de la selección. En esta parte se elaboró un protocolo donde se consignaron los distintos predicados utilizados por cada participante.
 - Análisis de los protocolos de explicación de los participantes.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los predicados utilizados por los participantes mostró los siguientes resultados:

1. En relación con los preconceptos sobre *continuidad-discontinuidad*, los expertos entienden la materia como constituida por partículas en movimiento, que generan campos de fuerzas. Las interacciones generadas entre ellas y las distancias intermoleculares son las responsables del cambio de volumen en cuerpos sometidos a variaciones energéticas, así como de los fenómenos de difusión de gases y de la dispersión de la luz por partículas coloidales.

Los novatos no conciben la materia como constituida por partículas y por tanto no hacen ninguna referencia a sus interacciones; los novatos, cuando hacen alusión a los átomos, no establecen relaciones entre el comportamiento de estos y las propiedades físicas. En sus predicados se encuentran concepciones animistas y sustancialistas como forma de explicar diversos fenómenos. Si bien algunos novatos escogieron opciones de respuesta similares a las escogidas por expertos, sus predicados verbales no correspondieron a respuestas de tipo científico.

En cuanto a las respuestas sobre los problemas cotidianos, tanto los novatos como los expertos coinciden en el tipo de predicados.

Aquí los expertos cambian el lenguaje utilizado, respondiendo con términos distintos a los usados en el campo de la ciencia. Los novatos siguen empleando predicados similares a los utilizados cuando responden las preguntas científicas.

2. En relación con el concepto de *conservación de la materia* los expertos hacen referencia a las variables involucradas en tal fenómeno como: área, volumen, estado de agregación, distancias intermoleculares, las cuales varían por efectos de presión y temperatura, sin determinar alteración de la masa, ya que ésta permanece constante.

Los novatos no poseen claridad con respecto a los fenómenos relacionados con los cambios de estado de la materia; manifiestan, por ejemplo, que al «evaporarse un líquido su masa desaparece ya que los gases no pesan», o por el contrario, que «los vapores ejercen mayor presión sobre el sistema por lo cual su masa aumenta». Asumen el calor como algo material, al afirmar que «éste es el que infla al globo», y además conceden a las partículas fundamentales la propiedad de dilatarse o "estirarse" (debido al efecto observado); otros conciben la dilatación como un «aumento en el número de partículas» del cuerpo dilatado e incluso algunos sostienen que «muchas sustancias por el calor se contraen» debido a la «disminución en su número de partículas». No obstante, algunos novatos respondieron como expertos diciendo que «en la dilatación no aumenta ni disminuye el número de partículas», sino que éstas «se mueven», «se separan», «se aceleran».

Al analizar los predicados utilizados para explicar los problemas cotidianos, se observó que tanto expertos como novatos coinciden en el tipo de explicaciones. Algunas de las respuestas de los expertos a problemas de la cotidianidad fueron muy científicas, mientras que unos novatos piensan que al disolverse un sólido en un líquido el peso de aquel también se disuelve.

3. Con respecto al *sustancialismo*, los expertos argumentaron sobre los procesos de disolución, como interacciones entre partículas, y sobre los colores y sus variaciones, como absorción de

radiaciones que modifican la estructura molecular de los pigmentos; en general, sus conceptos referidos a estos problemas fueron claros e inscritos en la categoría ontológica de procesos.

Fue evidente la pobreza del lenguaje en las explicaciones de los novatos y se pudo apreciar que para fenómenos como cambio de color, la explicación es de naturaleza material; por ejemplo, «el color se evapora» o «los granos de color se disuelven». Este tipo de explicaciones son eminentemente substancialistas; las propiedades macroscópicas son un reflejo del mundo microscópico.

En las respuestas dadas a problemas cotidianos, los expertos se refirieron a afinidades, a causas, a consecuencias, sin extenderse mucho en explicaciones de tipo científico; los novatos aquí fueron más prolíficos en sus explicaciones, todas las respuestas tuvieron un marcado corte substancialista y animista. Se nota poca diferencia en las respuestas de los dos grupos de participantes, en cuanto a predicados de movimiento y percepción; en cambio, hay gran diferencia en las respuestas que explican propiedades de las sustancias.

4. En cuanto a *dualidad*, los expertos dieron explicaciones precisas, cortas y de gran contenido científico, refiriéndose a procesos de interacción, mientras que los novatos en ningún momento hicieron referencia a dichos procesos, tratando de explicar sus respuestas por las propiedades observables de los fenómenos; mostraron poca comprensión de conceptos como: color, luz, energía, sonido e imagen, mezclándolos sin una caracterización apropiada en cada caso.

Los expertos, en su mayoría, asocian la materia a un concepto filosófico, mientras que los novatos respondieron sin argumentos propios, remitiéndose a la autoridad de libros y profesores; dijeron: «eso es lo que nos enseñan». Definieron la materia como todo aquello que se puede percibir por los sentidos.

5. CONCLUSIONES

- La revisión de los resultados obtenidos sobre las preconcepciones en química, revela posibles orígenes que van desde lo intuitivo (realismo, substancialismo) hasta lo social (formación de los maestros, influencia del entorno) y analógico (comparaciones inadecuadas, utilizadas en la enseñanza de los conceptos de la química), e indican la posible existencia de un obstáculo fundamental que sería la categorización ontológica inadecuada, por parte de los novatos y de algunos expertos, de conceptos relacionados con la materia.

La incompatibilidad entre categorías ontológicas limita la posibilidad de acceder a conceptos científicos como: disoluciones, enlaces químicos, cambios físicos y químicos. Esta incompatibilidad entre las categorías se refuerza a diario por las vivencias cotidianas del novato, donde sus preconcepciones le resultan útiles para explicar el mundo.

- Una aplicación de tipo pedagógico que se deriva del presente trabajo, está relacionado con la necesidad de que los profesores de química realicen el diseño específico de unidades didácticas sobre la materia, en donde tanto los estudiantes puedan confrontar sus propias concepciones con las explicaciones científicas. Lo anterior involucra un nivel de ejercicio metacognitivo donde tanto el profesor como el estudiante se hagan conscientes de los diferentes sistemas de creencias y de esta manera aprendan a superar los obstáculos epistemológicos que no permiten la conceptualización científica.
- Los expertos ubican el concepto de materia en la categoría ontológica de procesos, ya que la conciben como la interacción entre partículas-energía y como constituyente de los cuerpos: «está constituida por» y «es el constituyente de». Los novatos ubican el concepto de materia en la categoría de cosas materiales, lo que dificulta la comprensión de los conceptos científicos relacionados con la química.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASTO, C; RODRÍGUEZ, L.; GRANDA, L. y MUÑOZ, S. (1998). *Conceptualización en torno a la materia a la luz de la hipótesis de incompatibilidad*. Especialización en Educación en Ciencias Experimentales. Universidad de Antioquia, Monografía

SLOTTA, J. D.; CHI, M. TH. y JORAM, E. (1995). "Assessing Students Misclassifications of Physics Concept: An Ontological Basis for Conceptual Change». En : *Cognition and Instruction*. Vol. 13, No. 3. pp. 373 -400.

MORTIMER, E. (1995 - 1996). *Addressing Obstarles in the Classroom: An Example from Theory of Matter*. Facultad de educación de UFMG Belo Horizonte. Brazil. Paper presented at the European Conference on Research in Scienice Education. Leeds, UK, 7-11. April 1996.1. pp. 2 -10.