

# ESTRATEGIAS PARA INTRODUCIR EL CONCEPTO SUSTANCIA Y PARA DISTINGUIR CAMBIO QUÍMICO Y CAMBIO FÍSICO EN ALUMNOS DE NIVEL BACHILLERATO

GUZMÁN VÁZQUEZ<sup>1</sup>, CAROLINA; MÉNDEZ VARGAS<sup>2</sup>, NADIA; ROMERO DOMÍNGUEZ<sup>2</sup>, MAURICIO; SOSA FERNÁNDEZ<sup>3</sup>, PLINIO y TREJO<sup>3</sup>, LUIS MIGUEL

<sup>1</sup> Escuela Nacional Preparatoria, Plantel 3, UNAM. Av. Eduardo Molina No. 1577, Salvador Díaz Mirón, 07400 México, D.F.

<sup>2</sup> Colegio de Ciencias y Humanidades, Plantel Sur, UNAM. Cataratas y Llanura s/n, Jardines del Pedregal, 04500 México, D.F.

<sup>3</sup> Facultad de Química, UNAM, Edificio B Cubículos 102 & 304 bis, Circuito Escolar C.U. México D.F. 04510 México.

---

**Palabras clave:** Sustancia; Ideas previas; Cambio químico; Lenguaje.

## OBJETIVO

Elaborar una secuencia de estrategias innovadoras para introducir el concepto de sustancia en estudiantes del nivel bachillerato (edades 15-18 años) de manera que sirva de base para construir otras ideas fundamentales de la Química. Por ejemplo, el empezar a distinguir entre cambio químico y físico.

## MARCO TEÓRICO

El aprender y enseñar Química es una actividad humana muy compleja. En parte por la misma Química, que contiene muchos conceptos muy relacionados entre sí. Además, su comprensión conceptual requiere que el alumno correlacione varios modos de representar a la materia (niveles macroscópico, microscópico y simbólico, ver figura 1) y a sus interacciones (Johnstone, 2000).



FIGURA 1  
Niveles de representación en la Química

De todos los conceptos de Química que se enseñan en la escuela, diversos investigadores han seleccionado sus ideas más importantes, p. ej.: i) átomos, moléculas e iones, enlace químico, forma y geometría moleculares, teoría cinética, reacción química & energía y entropía (Gillespie, 1997); ii) todo está hecho de sustancias químicas, todo está hecho de “bloques de construcción”, la idea de especie química, la idea de cambio químico & las propiedades macroscópicas explicadas en términos de la estructura de la materia (Holman, 2002), etc. En algunas de éstas, de manera implícita o explícita se incluye la idea de sustancia pero no se aclara su relevancia. Nosotros consideramos que, en la escuela, el concepto sustancia es fundamental porque permite reconocer e identificar el campo de estudio de la Química y porque es la base para aprender otros conceptos más abstractos como cambio químico, elemento, compuesto, mezcla, etc. (Sosa, 1999 & 2004; Spencer, 2000). Y en la vida cotidiana esta idea es muy importante porque permite que la gente reconozca e identifique entre diversas sustancias, que las distinga entre si, que evite la interacción con aquellas que son peligrosas, que emplee el resto de la manera mas segura y mas provechosa y que transmita este conocimiento a generaciones futuras (Solomonidou, 2000).

A pesar de su importancia, el concepto sustancia se utiliza indistintamente en la vida cotidiana y escolar como sinónimo de los términos materia, producto, materiales, objetos, etc. (Kind, 2004; Krnel, 1998, 2003 y 2005). Y resultados de recientes trabajos de investigación educativa muestran una creciente preocupación en torno a la enseñanza-aprendizaje del concepto sustancia (Ahtee, 1998, Azcona, 2004, Driver, 1999; Furió, 2000; Johnson, 1996, 2000 & 2002; Mammino, 2001-2002; Sánchez Blanco, 2003, Solomonidou, 2000; Sosa, 1999 & 2004). Por ejemplo, se han detectado las siguientes concepciones alternativas:: i) La propiedad mas importante de una sustancia es la que se deriva de su uso, ii) las sustancias se encuentran cotidianamente contenidas en cajas, latas, botellas, etc.; iii) el uso de sustancias es prohibido o peligroso; iv) en una transformación de la materia algunas propiedades de la sustancia (como color, olor, sabor) pueden cambiar pero la sustancia se mantiene igual, etc. Estas ideas pueden deberse a una instrucción insuficiente , estrategias de enseñanza y/o libros de texto inadecuados, etc. Además, el lenguaje y las prácticas sociales comunes ocultan la idea de sustancia química ya que aunque la vida cotidiana presenta muchos ejemplos de sustancias contenidas en cajas, latas, botellas, etc. (como medicinas, pinturas, solventes, etc.) Su acceso esta regulado por permisos especiales o esta prohibido, lo que limita la experiencia personal.

Sobre la enseñanza del concepto cambio químico, este tema está presente en los primeros temas de la mayoría de cursos de química de nivel bachillerato desde hace mas de un siglo (Jensen, 1998). Su enseñanza tradicional inicia con la distinción entre cambio físico y químico, vía diversos criterios macroscópicos (ver tabla 1) siguiendo un enfoque informativo y poco motivante donde no se dedica tiempo suficiente para su discusión y, además, se enseña en forma aislada del concepto sustancia. En general se realizan diversos experimentos y para explicar éstos se parte de átomos y se procede a hablar de moléculas, de compuestos, de mezclas y elementos para terminar en la reacción química (Barker, 2001; Borsese, 1998; Jensen, 1998). Sin embargo, estas estrategias generan gran confusión en los alumnos de diversos niveles educativos como lo indican numerosas investigaciones recientes (Ahtee, 1998, Barker, 2001, Johnson 2000 y 2002, Solomonidou, 2000, Solsona, 2003, Stavridou, 1998; Tsaparlis, 2003). Por ejemplo, algunos estudiantes piensan que una disolución, los cambios de estado, el diluir una concentrado de jugo con agua, etc. son reacciones químicas, y otros creen que un cambio químico se asocia a una pérdida de masa, a una expansión de volumen o a un cambio de color producidos durante un calentamiento (Driver et al, 1999; Kind, 2004).

**TABLA 1**  
**Criterios macroscópicos establecidos para distinguir entre cambio químico y físico.**

Criterio	Cambio químico	Cambio físico
Energético	Grandes cantidades de calor	Pequeñas cantidades de calor
Reversibilidad	Difícilmente	Fácilmente
Apariencia	Cambio de color o de estado físico	No hay cambio de color o de estado físico

## DESARROLLO DEL TEMA

### Nuestra propuesta de enseñanza

Se presenta una propuesta de estrategias didácticas que distingue sustancia de materia (objetos cotidianos) y materiales (Sosa, 1999 & 2004) y que incluye el uso de analogías (Driver, 1999) para introducir el concepto de sustancia en las primeras clases de Química del nivel bachillerato en relación a las ideas macroscópicas de materia y materiales, de manera que sea un referente para el resto de los temas. A continuación se enlistan todas las actividades propuestas para introducir el concepto de sustancia en el primer curso de Química de nivel bachillerato:

1. Noción de materiales y sustancias. El objetivo de esta actividad es saber como aplican el concepto sustancia en materiales comunes. Se trabaja en equipos de tres alumnos y se pide que de la siguiente lista de materiales, indicar de cuántas y cuáles sustancias están formados: agua de diferentes fuentes (potable y mineral), suelo (tierra), plata (objeto), pastilla (aspirina), cobre (anillo), bronce (tubo), aire, leche, cloruro de sodio, bicarbonato de sodio, etc.
2. Concepto de química. El objetivo de esta y la siguiente actividad es reflexionar cuál es el campo de estudio real de la Química. Se espera identificar las semejanzas entre las definiciones para orientar el uso de los conceptos materiales y sustancia en la definición de Química. Se trabaja en equipos de tres alumnos y se pide que de las siguientes definiciones extraídas de diferentes referencias bibliográficas (libros, Internet, diccionarios, etc.), indicar cuantas veces aparecen las siguientes palabras en las siguientes definiciones: materia, composición, estructura, propiedades, materiales, cambio, energía, reacción y sustancia.
3. Reflexión. Entonces se pregunta: Si materia es todo lo que ocupa un lugar en el espacio, ¿entonces una pirámide, los planetas, el cuerpo humano, un gorila, una computadora, un protón, y un quark, son estudiados por la Química? ¿Qué opina? ¿Qué estudia realmente la Química? ¿Los materiales, las sustancias...? ¿Qué es un material? ¿Qué es una sustancia?
4. Propuesta de definición de materiales y sustancias. El objetivo de esta actividad es reflexionar sobre las similitudes y diferencias entre materiales y sustancia. Se trabaja en equipos de tres alumnos y se pide que de una lista de definiciones sobre materiales y sustancia los alumnos seleccionen (o propongan nuevas) definiciones iniciales de materiales y sustancias que tengan sentido para ellos. Entonces se pide aplicar estas definiciones con la pregunta: Indicar de cuántas y cuáles sustancias están formados los siguientes materiales: alcohol etílico del 96, vinagre, agua destilada, un pedazo de acero, azúcar. Aquí proponemos que una definición adecuada de Química que incluye el término sustancia como: estudia la composición, la estructura y las propiedades de las sustancias, y las reacciones por las que una de estas se convierte en otra (Spencer, 2000).
5. Propuesta de analogías de materiales y sustancias. El objetivo de esta actividad es proponer analogías que jerarquicen entre ejemplos de materia, materiales y sustancias. Se trabaja en equipos de tres alumnos y se pide que de las palabras escritas en tarjetas de colores diferentes (materia, material y sustancia & oraciones, palabras y sílabas) busquen la relación existente e indiquen similitudes y diferencias. Se discute lo encontrado y se pide que, en el caso de seres vivos, tejidos y órganos, y células, encontrar la jerarquía similar a la que tiene la materia, los materiales y las sustancias: La materia (objetos cotidianos) están formados de, al menos un material, y éstos, a su vez, están formados de, al menos, una sustancia.
6. ¿Por qué es importante distinguir materiales y sustancias? El propósito de esta actividad es discutir en todo el grupo el impacto en nuestra vida cotidiana y escolar de establecer una jerarquía entre materiales y sustancias.
7. ¿Qué es una sustancia química? El objetivo de esta actividad es resumir sobre una definición inicial de sustancia química, negociada por todos los alumnos, para ser aplicada y modificada o enriquecida durante

lo que resta del curso. En este punto se puede empezar a discutir con la siguiente definición: Constituyente de un cierto material. Posee un conjunto de propiedades específicas que la distinguen de las demás sustancias. Se tienen registradas más de 23 millones de sustancias (Sosa, 2004).

8. Aplicación del concepto. Diferenciación entre cambios químicos y físicos cotidianos. Se negocia con la definición de: Un cambio químico es donde se forman nuevas sustancias y en un cambio físico se conservan las sustancias (Sosa, 2004). Entonces se aplica a distinguir entre cambios cotidianos, como añadir sal a la sopa, hervir agua, rebajar jugo con agua, fundir cera y mantequilla, hacer caramelo, hacer palomitas en un horno de microondas, hornear un pastel, cocer un huevo, quemar papel, prender una vela, prender un foco, blanquear la ropa con cloro, etc.

9. Autoevaluación. ¿Qué aprendí hoy?, ¿Qué no me queda claro todavía? El propósito de esta actividad es reflexionar sobre lo que uno aprendió y sobre lo que no quedó todavía claro.

## CONCLUSIONES

El concepto sustancia es muy importante en la Química de nivel bachillerato porque ayuda a la comprensión de otros conceptos más abstractos, como materia, cambio químico y físico, elemento, compuesto y mezcla, enlace, etc. Y en la vida cotidiana es muy importante debido al gran número de sustancias empleadas comúnmente en la actualidad provenientes de la industria química.

Comúnmente se confunde el concepto de sustancia con el de materia y el de material. Estamos convencidos que conviene establecer una jerarquía que parta de la idea abstracta de materia pero que se centre rápidamente en objetos cotidianos. De ahí conviene orientar al alumnos en identificar el número de materiales que forman estos objetos. Y en la parte final se busca encontrar el número de sustancias que forman cada material. Nuestra propuesta pretende ayudar de manera progresiva al desarrollo de las ideas de los alumnos sobre sustancia mediante una serie de estrategias didácticas con énfasis en el análisis, la observación, la discusión, la explicación, la aplicación, etc. para favorecer su comprensión conceptual.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHTEE, M. Y VARJOLA, I. (1998) Students Understanding of Chemical Reaction *International Journal of Science Education* 20 (3) pp 305-316
- AZCONA, R., FURIO, C., INTXAUSTI S. Y ALVAREZ, A. (2004) ¿Es Posible Aprender los Cambios Químicos sin Comprender Que es una Sustancia química? Importancia de los Prerrequisitos” *Alambique* 40, pp 7-17
- BARKER, V. (2001) Chemical Concepts (Introducing Chemical Reactions) *Education in Chemistry* 38 (6) pp 147
- BORSESE, A. y ESTEBAN, S. (1998) Los Cambios de la Materia, ¿deben presentarse Diferenciados en Químicos y Físicos? *Alambique* 17 pp 85-92
- DRIVER, R., SQUIRES, A., RUSHWORTH, P. y WOOD-ROBINSON, V. (1999) *Dando Sentido a la Ciencia en Secundaria: Investigaciones sobre las Ideas de los Niños* Cap. 10. Cambio Químico. pp 119-126 Madrid: Visor
- FURIÓ, C. y FURIÓ, C. (2000) Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos *Educación Química* 11 [3] pp 300-308
- GILLESPIE, R.J. (1997) The Great Ideas of Chemistry *Journal of Chemical Education* 74 (7) pp 862-864
- JENSEN, W.B. (1998) Logic, History, and the Chemistry Textbook II. Can We Unmuddle the Chemistry Textbook? *Journal of Chemical Education* 75 (7) pp 817-828
- JOHNSON, P. (1996) What is a substance? *Education in Chemistry* 35 (2) pp 41, 42 & 45
- JOHNSON, P. (2000) Children's Understanding of Substances, Part 1: Recognizing Chemical Change *International Journal of Science Education* 22 (7) pp 719– 737
- JOHNSON, P. (2002) Children's Understanding of Substances, Part 2: Explaining Chemical Change *International Journal of Science Education* 24 (10) 1037-1054 (2002)
- JOHNSTONE, A.H. (2000) Teaching of Chemistry – Logical or Psychological? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe* 1 (1) pp 9-15

- KIND, V. (2004) *Mas allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química* México: Santillana
- KRNEL, D., WATSON, R. y GLAZAR, S.A. (1998) Survey of research related to the development of the concept of 'matter' *International Journal of Science Education* 20 (3): pp 257-289
- KRNEL, D., GLAZAR, S.A. y WATSON, R. (2003) The development of the concept of "matter": A cross-age study of how children classify materials *Science Education* 87 (5) pp 621-639
- KRNEL, D., WATSON, R. y GLAZAR, S.A. (2005) The development of the concept of 'matter': a cross-age study of how children describe materials *International Journal of Science Education* 27 (3) pp 367-383
- MAMMINO, L. (2001-2002) Algunas Reflexiones Sobre el Concepto de Sustancia *Anuario Latinoamericano de Educación Química* XV pp 260-254
- SÁNCHEZ BLANCO, G. Y VALCAREL M.V. (2003) Los modelos en la enseñanza de la química: concepto de sustancia pura *Alambique* 35 pp 45-52
- SOLOMONIDOU, C. y STAVRIDOU, H. (2000) From Inert Object to Chemical Substance: Students' Initial Conceptions and Conceptual Development during an Introductory Experimental Chemistry Sequence *Science Education* 84 pp 382-400
- SOLSONA, N., IZQUIERDO, M. y DE JONG, O. (2003) Exploring the development of students' conceptual profiles of chemical change *International Journal of Science Education* 25 (1) pp 3-12
- SOSA P (1999) De palabras, de conceptos y de orden *Educación Química* 10 [1] pp 57-60
- SOSA P (2004) Química aritmética. Un primer paso hacia el cambio conceptual *Educación Química* 15 [3] pp 248- 255
- SPENCER, J.N., BODNER, G.M. y RICKARD, L.H. (2000) *Química. Estructura y Dinámica* México: CECSA
- STAVRIDOU, H. y SOLOMONIDOU, C. (1998) Conceptual Reorganization and the Construction of the Chemical Reaction Concept during Secondary Education *International Journal of Science Education* 20 (2) pp 205-221
- TSAPARLIS, G. (2003) Chemical phenomena versus chemical reactions: Do students make the connection? *CERP Chemistry Education: Research and Practice in Europe* 4 (1) pp 31-5.