



El problema del lenguaje en la enseñanza de los conceptos
Compuesto, elemento y mezcla.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRIA EN:
DOCENCIA PARA LA EDUCACION MEDIA SUPERIOR
P R E S E N T A:
NADIA TERESA MENDEZ VARGAS

TUTOR: PLINIO SOSA FERNÁNDEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



En vez de observar las cosas que queríamos conocer, hemos pretendido imaginarlas. De unas suposiciones falsas en otras, nos hemos extraviado entre una multitud de errores, que transformados en preocupaciones, los hemos tomado como principios, con los que cada vez hemos descarriado mas y mas. Entónces no sabíamos discurrir sinó siguiendo los malos hábitos que habíamos contraído, y el arte de raciocinar ha sido para nosotros el de abusar de las palabras sin entenderlas. Quando las cosas han llegado á este punto y los errores se han acumulado tanto, solo hay un medio para restaurar el órden en la facultad de pensar, que es olvidar todo lo aprendido, retroceder al origen de nuestras ideas, seguir su generación, y formar de nuevo, como dice Bacon, el entendimiento humano¹.

¹ Tomado textualmente del Discurso Preliminar de la obra de: Lavoisier, A. *Tratado Elemental de Chimica*. Traducido al castellano para el uso del Real Seminario de Minería de México por Vicente Cervantes, con la colaboración de José Rojas como escribano y bajo la responsabilidad de D. Mariano de Zúñiga y Ontiveros. Tomo I. **1797**, pp XV-XVI

Jurado Asignado

Presidente	Mtra. Gisela Hernández Millan
Vocal	Dr. Andoni Garritz Ruiz
Secretaria	Dra. Margarita Gómez Moliné
Suplente	Dra. Pilar Segarra Alberú
Suplente	Dr. Luis Miguel Trejo Candelas

Dr. Plinio Jesús Sosa Fernández
Asesor del tema

Nadia Teresa Méndez Vargas
Sustentante del tema:



A la Universidad Nacional Autónoma de México



A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico
(Programa de Becas para la Formación de Profesores del Bachillerato Universitario)
Por el apoyo que recibí a lo largo de este gran proyecto llamado MADEMS

Mtra. Gisela Hernández Millan
Dr. Andoní Garritz Ruiz
Dra. Margarita Gómez Moliné
Dra. Pilar Segarra Alberú
Dr. Luis Miguel Trejo Candelas

Gracias por sus aportaciones a este trabajo.



A Manuel
Por su gran amor y apoyo incondicional

A Tania y Lenia
Quiénes están siempre en mi pensamiento.

A mis padres
Que me han brindado todo el apoyo del mundo y han confiado plenamente en mí

Abuelo Chucho y Familia

Especialmente a Miguel Ángel García Villavicencio
Por su gran paciencia y apoyo en la elaboración de este trabajo

A Lourdes
Por ser una gran maestra y amiga en mi vida académica y personal.

Compañeros de la maestría, especialmente a Angelina y a Norma

A todos mis Maestros de la MADEMS, especialmente a:

Dr. Andoní Garrítz
Dr. Plinio Sosa Fernández
M. en C. Héctor Martínez Muñoz
Dr. José Luis Córdova Frunz
Dr. Jesús Valdez
Dra. Leticia Gallegos
Dra. Roxana Pastor Fasquell

Y Amigos de toda mi vida



ÍNDICE

Introducción	1
Justificación	3
Propósitos generales	7
Marco Referencial	8
<i>El Bachillerato en México</i>	8
<i>La UNAM y su Bachillerato</i>	11
<i>Colegio de Ciencias y Humanidades</i>	13
Marco teórico	16
<i>La importancia del lenguaje</i>	16
<i>Lenguaje científico</i>	22
<i>Historia de la terminología química</i>	28
<i>Fuentes de consulta</i>	41
<i>Lenguaje en la enseñanza de la química</i>	51
Propuesta teórica disciplinaria	58
Secuencia Didáctica	64
<i>¿Qué tanto sé?</i>	71
A1. <i>La Ciencia no es como la pintan</i>	80
A2. <i>En busca de la identidad perdida</i>	89
A3. <i>Pero... ¿Qué son los materiales y las sustancias?</i>	96
A4. <i>Exposición de la propuesta</i>	101
A5. <i>¿Qué es o para qué sirve?</i>	103
A6. <i>El Laboratorio de Análisis Químico</i>	105
A7. <i>Integración conceptual</i>	110
Comentarios finales	112
<i>Alcance de este trabajo</i>	112
<i>Recomendaciones didácticas</i>	115
<i>Pasos a seguir</i>	119
<i>Avances del trabajo</i>	119
Anexos	133
1.- <i>Definiciones</i>	133
2.- <i>Formatos A6</i>	136
Bibliografía	138



Introducción

Tradicionalmente, la estructura básica conceptual de la química se enseña a partir de los conceptos “mezcla”, “compuesto” y “elemento”. En vez de esto, el Dr. Plinio Sosa² ha propuesto presentar esta estructura en términos de “materiales”, “sustancias”, “sustancias compuestas” y “sustancias elementales”. Así, hace énfasis en que “compuestos” y “elementos” no son ontológicamente distintos, es decir, ambos son sustancias pero se ubican en diferentes categorías en función de su composición química. Del mismo modo, señala que cuando los químicos hablamos de “mezcla” a lo que nos queremos referir, en realidad, es a un “material que contiene varias sustancias mezcladas”. Como se puede apreciar, la propuesta de Sosa gira alrededor del lenguaje y su relación con el aprendizaje de los alumnos.

En este trabajo se presenta una extensa discusión acerca de la relación del lenguaje con la educación y además se propone una secuencia didáctica que permita llevar la propuesta de Sosa al salón de clases.

El análisis que se realizó respecto al lenguaje dentro de la química encontró una importante y antigua preocupación por las irregularidades o manejo poco uniforme del mismo en contextos históricos tan persistentes que se presentan en las aulas hoy en día. Es así que se presentan cinco panoramas en los que se atiende:

- 1.- la importancia de la relación entre pensamiento y lenguaje así como la formación del concepto en los adolescentes;
- 2 y 3.- un panorama histórico del lenguaje científico y químico, respectivamente, en donde se destaca, cómo la herencia de un lenguaje ambiguo conduce a la confusión, asunto crucial en el ámbito educativo.
- 4.- Así, fue necesario revisar cómo algunas fuentes de consulta, en ciertos casos, han contribuido a esa imprecisión en el lenguaje científico además de fomentar la memorización de definiciones poco operativas para el alumno.

² Sosa, P. Química aritmética. Un primer paso hacia el cambio conceptual. *Educación Química*. 2004, 15 (3) 248- 255



5.- Por último se aborda una perspectiva general respecto a la vinculación del lenguaje científico con el cotidiano, así como la forma de comunicación entre alumno-docente considerando esa simbiosis de lenguaje y sus posibles repercusiones y/o bondades para la enseñanza.

La consideración más importante para diseñar la secuencia, es que va dirigida a adolescentes, por ello pretende partir *de su mundo* concreto para conducirlo hacia lo abstracto; de su lenguaje cotidiano, con conceptos que sí tienen algún significado para él, para posteriormente llevarlos al lenguaje científico específico de la disciplina. Esta secuencia didáctica tiene la intención de llevar la propuesta de Sosa al salón de clases.



Justificación

La química es una disciplina catalogada como compleja³. Esto por diversos factores tales como:

- el estudio de un mundo abstracto, nanoscópico que no vemos;
- el estudio de un mundo concreto que se relaciona con el anterior mediante el uso de modelos;
- el empleo de un lenguaje específico inmerso en ambos mundos;
- la convivencia del lenguaje común con el lenguaje científico, por ejemplo, términos iguales que poseen un determinado significado en la vida común y otro muy distinto en el ámbito científico;
- las concepciones alternativas que poseen los alumnos y los mismos docentes.

Respecto a los docentes, prevalece la tendencia a enseñar como ellos aprendieron, con todas sus bondades, pero también con sus deficiencias vinculadas a la enseñanza. Algunos de ellos tienen poco dominio de la disciplina, pocas veces recurren a la reflexión sobre su práctica docente, poseen una deficiente formación pedagógica que se refleja en una raquítica planeación de clases, una pobre elaboración de estrategias y de formas de evaluar, incluyendo un inadecuado uso del lenguaje (tanto científico como cotidiano) en el proceso de enseñanza.

- El currículo y las características de la población estudiantil son otros factores a considerar dentro de la lista ya descrita. El primer curso de química se imparte al inicio del bachillerato, para ese momento, los estudiantes que cursan la asignatura poseen una edad entre 14 y 15 años, de acuerdo con la teoría de desarrollo intelectual que propone Piaget⁴, estos alumnos adolescentes están transitando de un periodo de operaciones concretas hacia un periodo de operaciones abstractas, esto podría convertirse en un impedimento para aprender química.

No hay que perder de vista que el pensamiento humano va evolucionando. Los adolescentes poseen una forma de pensamiento diferente a la de un adulto. Ellos son conscientes casi exclusivamente de lo que ven y tocan; su pensamiento, sobre todo el de los más pequeños, está vinculado a lo sensorial, a lo que detectan sus sentidos, su realidad está ligada a sus percepciones. Para el estudio de la

³ Gabel, D. Ver Improving Teaching and Learning through Chemistry. *Education Research: A Look to the Future. Journal of Chemical Education*. **1999**, 76 (4), pp 548-554 y Johnstone, H. Why is Science Difficult to Learn? Things Are Seldom What They Seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, **1991**, 7 (75).

⁴ Piaget, J. *El mecanismo del desarrollo mental*. Edit. Nacional. San Agustín, Madrid. **1976**, pp 50-52.



química es necesario que las operaciones abstractas se encuentren lo más desarrolladas posibles para que el alumno interprete y comprenda mejor esta disciplina.

Los adolescentes dudan sobre algo que no pueden ver. El nivel nanoscópico es visto de tal manera que los átomos, moléculas, redes iónicas son el mundo macroscópico de los materiales y las sustancias pero, en pequeño. Furió señala al respecto que, *no comprenden que existen distintos niveles de descripción de la materia en íntima relación: el nivel macroscópico de las sustancias con sus propiedades y cambios y, por otra, el nivel microscópico de aquellas mismas sustancias que la química modela a base de átomos, iones o moléculas*⁵.

*Una característica del pensamiento del adolescente se deriva de su integración en el medio social y cultural*⁶. Ellos aceptan el pensamiento que predomina en su ambiente, en su cultura y que se trasmite por medio del lenguaje. Esto trae como consecuencia que en diversas ocasiones se sigan asumiendo concepciones erróneas u obsoletas que pertenecen a ese medio social y cultural.

Como ya se mencionó, dentro de lo que corresponde al profesor sobre el lenguaje empleado en clase, es común que éste use palabras sin tener en cuenta o ser consciente de que lo que ha dicho o cómo lo ha dicho sea correcto o incorrecto. Con la intención de hacerse entender emplea palabras que pueden confundir al alumno. En lugar de favorecer la comprensión de lo que dice, esa “comunicación” termina convirtiéndose en un monólogo docente, en el que se comunican palabras vacías carentes de significados o con significados diferentes a los alumnos.

En un intento por evitar esa ambigüedad, apunta Borsese que las características del lenguaje científico deben ser:

- Correspondencia unívoca. Se refiere a que los términos empleados en el ámbito científico no pueden tomar matices diferentes según los varios contextos en que se colocan.
- Significación. Para cada frase científica hay criterios por los cuales podemos aceptar o rechazar tal frase.
- Invariabilidad de contexto: un lenguaje preciso para evitar ambigüedades.

⁵ Furió, C.; Furió, C. Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación química*. 2000, 11 (3), 300.

⁶ *Ibíd*em, pp 301.



Dentro de la enseñanza de la química, esta problemática se ve reflejada en el entendimiento y comprensión conceptual. Algunos trabajos realizados han revelado que los alumnos comprenden poco determinados conceptos, confusión que deriva de ciertos factores ya mencionados.

En los párrafos siguientes se presentan algunas situaciones entorno a la enseñanza de ciertos conceptos básicos de la química.

Furió, señala que los alumnos tienden a confundir los *conceptos de sustancia química y de compuesto químico, prerequisites conceptuales necesarios para que posteriormente conceptualicen cambio químico y diferenciarlo de cambio físico; piensan que agua y hielo, o que el aluminio de una pieza y el aluminio en polvo son sustancias distintas*⁷. El significado que le atribuye a estas palabras, es el que predomina en el ámbito cotidiano, se reitera la influencia que el medio ejerce sobre la percepción del alumno.

En relación con lo anterior, *el concepto macroscópico de sustancia química que emplean los estudiantes es sinónimo del de material, y es el aceptado mayoritariamente en el propio contexto cultural cotidiano del estudiante*⁸. Aunado a lo antes mencionado, durante los cursos de química, el docente y los libros de texto ponen gran énfasis en los conceptos de *compuesto y elemento*, mientras que el concepto de sustancia, se emplea poco.

Pozo y Gómez, señalan que *en la vida cotidiana todos los materiales o sustancias son considerados como mezclas de elementos. De ahí se deriva que los elementos, últimos componentes de cualquier material para el alumno sean, paradójicamente, las sustancias puras*⁹. Es evidente que confunden a las mezclas con las sustancias, ya que es un término muy empleado en el ámbito cotidiano. ¿Cuántas veces no han escuchado frases como -“era una sustancia viscosa...., tenía una sustancia de color negro.... o pásame esa sustancia....”- dando la connotación de sustancia a un material que muy

⁷ *Ibíd.*, pp 304.

⁸ *Ibíd.*

⁹ Pozo, J. I.; Gómez, M. *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*, Edic. Morata S. I. Madrid. **1998**. Citado en Furió, C.; Furió, C. **2000**, pp 304.



probablemente contenga varias sustancias o que asocien sustancia con algo en estado líquido (ver anexo en resultados del instrumento).

Lo anterior ha conducido a estos autores suponer que *los alumnos consideran al material o a la sustancia como “portadora” de propiedades específicas perceptibles. No es de extrañar que utilicen como principal criterio para saber si en un cambio se conserva o no el material, lo que ocurre con la propiedad específica en la que se han fijado*¹⁰.

De acuerdo a la falta de diferenciación del concepto macroscópico de sustancia, existe también la dificultad de distinguir entre compuesto y mezcla. Algunos alumnos no diferencian estos conceptos. No han adquirido los conceptos operacionales de mezcla, sustancia, elemento y compuesto; es por ello que no logran concebir que de una mezcla se obtengan sustancias tanto compuestas como elementales y que de una sustancia compuesta se obtengan sustancias elementales. Si bien, así lo enfatiza Furió:

*Para muchos alumnos las sustancias puras son las sustancias “sin mezclar”, esto es, los últimos componentes que conforman las mezclas o los compuestos y, por tanto, se asocian fácilmente con los elementos químicos. Esta idea se refuerza en el aula cuando los profesores dentro del nivel microscópico, representan a los elementos químicos como un sistema material formado por una clase de átomos iguales*¹¹.

Aunado a lo anterior, es común que se recurra al uso de definiciones que pertenecen a la teoría atómica, por ejemplo la de compuesto como: *aquella sustancia constituida por átomos distintos*. Estrictamente aún cuando los químicos saben que una mezcla no es una sustancia, esta definición da pie a suponer, quizás para un novato, que también incluiría a las mezclas, dado que en este tipo de sistemas también hay átomos diferentes. Aludiendo a Caamaño, esto nos llevaría a hacer una distinción más fina introduciendo para ello, el concepto de *enlace* haciendo más complicado el aprendizaje¹².

¹⁰ Ibídem, pp 304.

¹¹ Furió, C.; Furió, C. Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación química*. 2000, 11 (3), 306.

¹² Caamaño, A.; Mayos, C.; et al. Consideraciones sobre algunos errores conceptuales en el aprendizaje de la química en el bachillerato. *Enseñanza de las ciencias*. 1982, pp 198-200.



Estos son algunos ejemplos que intentan mostrar la confusión que predomina en los adolescentes con respecto a estos conceptos. Si no entienden éstos, que son los conceptos básicos en la enseñanza de la química, muy probablemente los alumnos tendrán problemas en la comprensión de otros conceptos más complejos. Ante la problemática presentada se plantean los siguientes propósitos.

Propósitos generales

Este trabajo tiene como finalidad:

- Mostrar la problemática del uso inadecuado del lenguaje en la enseñanza de los conceptos de: *mezcla, compuesto y elemento*.
- Hacer una propuesta didáctica para abordar dicha problemática consistente en incorporar otros conceptos: *material, sustancia, sustancia elemental, sustancia compuesta y elemento*; transferir el énfasis de unos a otros y definir todos ellos en una forma coherente disciplinaria y pedagógica, al mismo tiempo.



Marco Referencial

El Bachillerato en México

“El énfasis se pone en el aprendizaje más que en la enseñanza; en la formación más que en la información¹³”.

Gran parte del avance socioeconómico de un país se ve reflejado en la calidad educativa que posee; desde el nivel básico hasta su posgrado. Sin embargo para hacer una revisión más seria sobre cómo se encuentra la educación en el nuestro, habría que considerar una diversidad de factores críticos en torno a ésta, desde aspectos administrativos, económicos, hasta sociales. No obstante, es pertinente centrar la atención sólo en aquellos que puedan repercutir de manera directa en los docentes y los alumnos.

Al respecto, la pequeña contribución que puede estar en manos de los docentes, en aras de subsanar algunas deficiencias que existen en el sistema educativo, es prepararse cada día para dar lo mejor de sí en el aula. Por ejemplo, aquellos que ejercen su labor en el nivel medio superior deben conocer desde un inicio, cuál es la función del bachillerato para que su trabajo este orientado a cumplir las metas propuestas; así, en 1982 en el Congreso Nacional del Bachillerato efectuado en Cocoyoc, Morelos se acordó que el bachillerato tendría la siguiente función:

El bachillerato es considerado como una fase de la educación de carácter esencialmente formativo, que debe ser integral, y propedéutico, de modo que constituya un ciclo con objetivos propios; destinados a impartir conocimientos y desarrollar habilidades que proporcionen al educando una visión universal, vinculada a su vez con la realidad del país y de cada una de sus regiones¹⁴.

Para 1994 se señala en el Currículo Básico Nacional las siguientes funciones del bachillerato:

Formativa.- *Consiste en proporcionar al alumno una formación integral que comprende aspectos básicos de la cultura de su tiempo;*

¹³ Guía del Profesor. Capítulo de Metodología. 1971, pp 12. Citado en Bazan, L. *Origen y contexto histórico del proyecto CCH*. CCH, UNAM. México. 1989, pp 95.

¹⁴ SEP, Acuerdo 71, *Diario Oficial*. 28 de mayo 1982, p.11.



conocimientos científicos, técnicos y humanísticos, que le permitan asimilar y participar en los cambios constantes de la sociedad; manejar las herramientas de carácter instrumental adecuadas para enfrentar los problemas fundamentales de su entorno; y fortalecer los valores de libertad, solidaridad, democracia y justicia. Todo ello encaminado al logro de su desarrollo armónico individual y social.

Propedéutica general.- *Consiste en preparar al estudiante para la continuación en estudios superiores, a través de los conocimientos de las diferentes disciplinas y ciencias, lo cual, además, le permitirá integrarse de forma eficiente a la circunstancias y características de su entorno, con base en el manejo de principios, leyes y conceptos básicos. Sin pretender una especialización anticipada, el bachillerato prepara a los alumnos que han orientado su interés vocacional hacia un campo específico de conocimientos.*

Preparación para el trabajo.- *Ofrece al estudiante la posibilidad de vincularlo con el mundo del trabajo, al proporcionarle una capacitación técnica¹⁵.*

Es oportuno mencionar otras funciones (algunas ya citadas en los párrafos anteriores) que el bachillerato debe promover, según afirma Segarra:

Además de preparar técnica y científicamente al estudiante a través del conocimiento, el bachillerato debe ser una guía para estimular el desarrollo personal del joven: la formación en valores, su creatividad, sus intereses y su responsabilidad para una vida independiente¹⁶.

Justamente al tratar este punto, conviene destacar algunas características de la población que cursa este ciclo, los adolescentes, quienes:

- Cuestionan los valores de los padres (adultos)
- Están en crisis: distinguir, elegir, decidir y/o resolver
- Buscan y consolidan la identidad personal
- Buscan y consolidan los valores (actitudes)
- Relativizan la conducta moral
- Orientan a una fuerte intencionalidad

¹⁵ SEP. *Currículo Básico Nacional, Bachillerato, programas de estudio*. Dirección General del Bachillerato. México. **1994**.

¹⁶ Segarra, P. *La formación y profesionalización del profesorado de física en el Bachillerato: Tesis de doctorado en educación*. Universidad la Salle, **2000**: 25.



- Son capaces de entender, discrepar y argumentar acerca de puntos de vista, pros y contras de las decisiones¹⁷.

De acuerdo con lo anterior, los sujetos que cursan el bachillerato están viviendo un proceso sumamente interesante, complejo e importante. Es indispensable que los docentes que conviven con adolescentes consideren estas características que repercuten de manera significativa en el proceso de enseñanza–aprendizaje, tan trascendente es la formación científica como la formación de valores y la adquisición de habilidades. No hay que olvidar que su identidad se forma justamente en esta etapa.

Cabe destacar, que la formación de la identidad en el adolescente es vital ya que, al formar parte de una sociedad, debe descubrirse así mismo, descubrir su propio destino en la vida. Alonso, J¹⁸. en su obra *Identidad del adolescente*, señala que ésta sólo se adquiere a través de esfuerzos individuales intensos cuando el adolescente rompa con su pasado, con su familia, con la tradición, al ir sorteando todo cambio social que se le presenta. Además señala que en la formación de la misma se presentan tres elementos significativos los cuales se parafrasean a continuación:

- 1.- Establecimiento del concepto de sí mismo o la toma de conciencia de sí mismo: su imagen física, su autoestima, el contexto social que viven.
- 2.- Independencia y autonomía: toda autoridad le resulta pesada y toda coacción insoportable.
- 3.- Adopción de decisiones frente a la vida: el ajuste a las demandas sociales propias de su sexo, la elección ocupacional a futuro.

Evidentemente la identidad no la va a proporcionar una persona determinada, ni va aparecer como un fenómeno de maduración, sino que la adquirirá ante los retos que se le presenten, no obstante, se le deben proporcionar herramientas que le permitan convertirse en un ciudadano capaz de tomar decisiones, formar seres humanos sensibles que participen activamente en la solución de los

¹⁷ Valdez, M. J. Los Valores Éticos en Adolescentes Mexicanos Universidad Autónoma del Estado de México. *Enseñanza e Investigación en Psicología*. julio-diciembre, **2003**, 8 (2), 245-255.

¹⁸ Aguirre, A. Psicología de la adolescencia. Cap. 10 por Alonso, J. Identidad del adolescente. Edit. Boixareu Universitaria. Barcelona. **1994**, pp 178-183.



problemas que aquejan a la sociedad, sin importar que lo hagan desde cualquier trinchera, lo importante es que se involucren y trabajen por una mejor sociedad.

Al respecto, algunos docentes han olvidado que trabajan con seres humanos adolescentes y se preocupan sólo por enseñar conceptos, olvidando que es trascendente desarrollar en ellos actitudes y habilidades (mentales y manuales), prepararlos para la vida. En los docentes debe prevalecer el compromiso, la inquietud, y capacidad para intentar resolver problemas vinculados con la enseñanza. Actualmente la UNAM se ha interesado por formar nuevos cuadros de docentes en este nivel ya que atiende un número importante de estudiantes de bachillerato.

La UNAM y su Bachillerato

La UNAM, cuenta con su propio bachillerato conformado por 14 planteles, cinco de ellos corresponden a los Colegios de Ciencias y Humanidades y nueve a la Escuela Nacional Preparatoria (ENP). Ambos son diferentes en sus planes de estudio, métodos y formas de enseñanza, así como en el número de estudiantes que alberga cada uno.

Para desarrollar esta parte conviene mencionar algunas situaciones históricas, relevantes sobre este ciclo en la misma Universidad. Por instrucción del Presidente Juárez, la Escuela Nacional Preparatoria se funda el 2 de diciembre de 1867, tarea que le fue encomendada al filósofo Gabino Barreda. Para el 3 de febrero de 1868 se inauguran los cursos en la institución recién creada. Esta nace dentro de la mirada *positivista*¹⁹, modelo que ha prevalecido con diferentes matices en estas últimas décadas. Ante la preocupación por mejorar la enseñanza se han llevado a cabo diversos intentos por modificar la manera de enseñar.

¹⁹ [...] Son fundamentales los hechos observables, los datos que se obtienen de la experiencia, reducida al conjunto de sensaciones captadas por los sentidos (verificabilidad); es decir, se niega la validez a todo enunciado no observable empíricamente, por ejemplo, la existencia del átomo. De tales hechos se infieren los enunciados teóricos o leyes que rigen los procesos físicos naturales. La filosofía positivista impregnó la cultura científica e hizo del empirismo, de la observación de la experiencia, y de la inducción, las claves de un método de conocimiento seguro, del método de la ciencia. Este método sirvió como instrumento para conocer la realidad y provenía del carácter universal de las generalizaciones obtenidas, consideradas las leyes que rigen el desarrollo de la Naturaleza; esto permitía que a partir del conocimiento de estas leyes, se fundamentaran acciones prácticas para intervenir sobre el propio entorno real, previniendo o corrigiendo sus efectos. Valcárcel, J. *Los horizontes de la geografía*. Edit. Ariel, S.A. Barcelona, España. 2000, pp 195-206.



Es oportuno destacar que la Escuela Nacional Preparatoria, ha formado a un gran número de profesionistas a nivel nacional; su función principal es la de preparar a los jóvenes para que inicien estudios a nivel profesional, tal como se señala en el siguiente párrafo:

El propósito central de la preparatoria es el de formar hombres con criterios comunes, así quedó expresado en los discursos de Gabino Barreda, pero sobre todo en los contenidos de su plan de estudios, que años más tarde fueran retomados en distintas ocasiones, sin que en lo central se cambiara. A lo largo de esta época (1867-1914) hubo cinco planes de estudio con variados contenidos, tiempo y duración, organización y finalidad (para profesiones y para la vida), cuyo sustento básico fue la filosofía positivista con distintos matices, la cual fue avalada por los gobiernos de Juárez y sobre todo por el de Porfirio Díaz²⁰.

En 1964, el rector Ignacio Chávez expresó que la ENP, tendría un carácter formativo y propedéutico²¹. Por esta época ya existían otras instituciones de nivel medio tales como: preparatorias particulares, estatales, bachilleratos técnicos, etc.; bachilleratos que se han caracterizado por suscitar en los alumnos la memorización de los contenidos y en donde el profesor es quien da la clase sin promover la participación del alumno, este modelo es unidireccional, autoritario, en el que se alcanza la verdad absoluta y quien la posee es el profesor. La ENP no se alejaba mucho de las características antes mencionadas.

Hasta 1970, la Preparatoria Nacional era el único bachillerato con el que contaba la universidad, sin embargo, el 26 de enero de 1971 el Consejo Universitario aprobó la creación del Colegio de Ciencias y Humanidades

²⁰ Velásquez, L. *Origen y desarrollo del plan de estudios del bachillerato universitario, 1867-1990*. Cuadernos del CESU # 26, UNAM. México. 1992, p 19. Citado por Segarra.

²¹ Desarrollo integral de las facultades del alumno para hacer de él un hombre cultivado. Formación de una disciplina intelectual, que lo dote de un espíritu científico. Formación de una cultura general que le dé una escala de valores. Formación de una conciencia cívica que le defina sus deberes frente a su familia, a su país y frente a la humanidad. Preparación especial para abordar una determinada carrera profesional. Chávez, I. *Reforma del bachillerato universitario*, UNAM. México, D. F. 1964, pp 19.



Colegio de Ciencias y Humanidades

El colegio de Ciencias y Humanidades nace con la propuesta de la “Nueva Universidad”, como un proyecto considerado de vanguardia que vendría a resolver ciertos problemas que había tanto en la propia Universidad como en la misma sociedad. En palabras de Palencia, se enumeran los siguientes:

*... la dispersión de las mismas instituciones universitarias, la repetición infecunda de esfuerzos y la resistencia al cambio [...] aspectos externos como la demanda educativa de nivel superior y medio superior, efecto de la explosión demográfica y de la generalización de las oportunidades de educación elemental y media...*²²

El Colegio se proyectó como una institución educativa que construiría una comunidad estudiantil crítica y creativa en la que se debían formar individuos conscientes de su realidad social; pese a esto se temía que el proyecto se convirtiera en una versión de la ENP mejorada y aumentada. Lo anterior condujo a trabajar arduamente para planear y plantear las formas de trabajo y la organización del Colegio. El CCH se concibió de la siguiente manera, misma que hasta hoy sigue vigente y se intenta promover:

Este modelo educativo se caracteriza por una serie de ejes o elementos estructurales como:

La noción de cultura básica. Entendida como el conjunto de principios y elementos productores de saber y hacer, cuya utilización permite adquirir mayores y mejores conocimientos y prácticas. En esta cultura básica se encuentran las capacidades de aprender a conocer, aprender a hacer y el aprender a ser y que se sintetizan con el aprender a aprender.

La organización académica por áreas. Este contenido de cultura básica se encuentra distribuido en cuatro áreas que define la estructura curricular del CCH: área de ciencias experimentales, de talleres, de histórico social y de matemáticas. Cada área está conformada por diferentes asignaturas afines y cada una de ellas poseen sus propios enfoques, métodos propios de organización y orientación de las unidades temáticas.

El alumno como actor de su formación

El profesor como orientador en el aprendizaje²³.

²² Palencia, G.J. *Origen y contexto histórico del proyecto CCH*. CCH, UNAM. México. 1989, pp 45.

²³ García, C. *Modelo Educativo. Presentación a la Comisión de Revisión y Ajuste de los Programas de Estudio*. CCH, Secretaría Académica. México. Enero 2002, pp 1-4.



Estas cuatro directrices propias del Colegio de Ciencias y Humanidades intentan alejar la enseñanza de un modelo tradicional propio de los años 70. De estas, los dos últimas se ocupan de manera más directa de los profesores y los alumnos.

El papel del docente es fundamental para “lograr” que el alumno sea actor de su propia formación, pero ¿cómo lograrlo? Pregunta difícil de responder. Algunos autores y docentes afirman que es necesario estimular el desarrollo de habilidades y actitudes, reflexionar sobre la práctica docente, permanecer en la constante búsqueda de nuevas estrategias para abordar un tema con el fin de promover la construcción de nuevos conocimientos, orientar a los alumnos para que aprendan a observar, a investigar; impulsarlos a tener una actitud crítica de lo que se dice y hace; hacerlos conscientes de su propio aprendizaje y promover la participación en grupo.

Como discurso parece fácil, pero se ha demostrado que no es una tarea sencilla. Si lo fuera no habría tantas deficiencias conceptuales en los alumnos, los números hablan por sí mismos. Lo anterior se sustenta en las cifras de los últimos que se han reportado en el CCH sobre resultados del examen único y el examen de diagnóstico de cada plantel²⁴.

Las evidencias de bajo rendimiento académico de los estudiantes del CCH indican que no es suficiente trabajar con un modelo educativo innovador o vanguardista. Los problemas en el ámbito educativo son comunes a los diversos modelos de enseñanza existentes en el país. Uno de ellos es el tema central de este trabajo: el lenguaje.

Se asume que el lenguaje tanto ordinario como el específico de cada disciplina juega un papel crucial dentro del aula; si no se toma conciencia de la importancia de éste en la comunicación profesor- alumno es posible que el avance en aras de mejorar la dinámica educativa siga siendo lento. El empleo apropiado de un término u otro no es la completa solución de los problemas en la enseñanza, pero sí es un pequeño paso para intentar subsanar uno de los diversos problemas que aquejan a la enseñanza no sólo del nivel medio.

²⁴ Más información, consultar: Muñoz, C.; Román, P.; et al *Ingreso Estudiantil. al CCH*. UNAM. México, D.F. 2003.



En lo que respecta al bachillerato, es importante tener presente las siguientes aspiraciones:

- Promover que los estudiantes logren aprendizajes más significativos,
- Darles la oportunidad para se puedan expresar en su desarrollo humano
- Proporcionar las condiciones para que aprendan a tomar decisiones.

Entre estas tres pretensiones media sin lugar a dudas el lenguaje, por ello se destacan dentro del marco teórico los siguientes aspectos más relevantes.



Marco teórico

La importancia del lenguaje

“El lenguaje no es algo natural; lo que es natural es la facultad de comunicar, de tener lenguaje; el lenguaje en sí mismo es artificial”. M. Beuchot

El lenguaje es el medio de comunicación entre los seres humanos, permite el intercambio de pensamientos, y es el portador de los conocimientos que poseemos acerca de la realidad.

El lenguaje surgió con el hombre, forma parte de la sociedad, por tanto el lenguaje cumple una función social, permite comunicar incluso nuestros propios sentimientos, miedos, fracasos, logros, etc. Beuchot defiende esta postura y afirma que: *el carácter comunicativo del mismo hombre se desprende de su naturaleza social, y ésta de su naturaleza racional*²⁵.

Para comunicarnos no basta sólo la expresión, ya sea oral o escrita, es necesario tener claro el significado de la palabra que se ha expresado para tener una comprensión sobre esta. Según Gorski, *la comunicación de pensamientos entre las personas sólo es posible cuando al hablar emplean las palabras en un mismo significado*²⁶. Si se tratara de una oración es condición saber la relación que hay entre palabra y palabra del enunciado completo, así como distinguir (si es oral la comunicación) los diferentes sonidos que emite el que habla. De la misma manera, quien va a expresar algo, conviene que tenga preciso el significado de la palabra que va a emplear, saber articular los enunciados y conocer los sonidos involucrados en cada oración, en términos generales: *Una palabra sin significado es un sonido vacío, el significado es, por lo tanto, un criterio de la palabra y su componente indispensable*²⁷.

Dentro de las maneras de comunicarnos encontramos la verbal, la escrita, la corporal, etc. Cada una de estas requieren de un proceso un tanto diferente; las expresiones verbales requieren elegir lo que se va a comunicar, el sonido a emplear y estructurar de manera más inmediata que en una expresión

²⁵ Beuchot, M. *Ensayos marginales sobre Aristóteles*. UNAM. México, D.F. 2da. Ed. 2004, pp 15.

²⁶ Gorski, D. *Pensamiento y Lenguaje*. Edit. Grijalbo. Barcelona, España. 1961, pp 76.

²⁷ Vygotsky, L. *Pensamiento y lenguaje. Teoría del desarrollo cultural de las funciones psíquicas*. Edic. Quinto Sol. México D. F. 1992, pp 160.



escrita que incluso, esta última no necesita de sonidos, pero requiere de una mayor precisión en las palabras para poder expresar lo que uno desea, precisar los significados y hasta emplear más palabras que describan mejor lo que se pretende comunicar. Para facilitar la comunicación, se han creado reglas que se han internacionalizado; quien expresa y el receptor deben conocer las reglas, sólo así será posible la comunicación.

Es pertinente mencionar que los significados de las palabras van evolucionando y por ende también se ve afectada la relación que existe entre el pensamiento y la palabra. Asimismo lo enfatizó Vygotsky:

La relación entre pensamiento y palabra no es un hecho, sino un proceso, un continuo ir y venir del pensamiento a la palabra y de la palabra al pensamiento, y en la relación entre pensamiento y palabra sufre cambios que pueden ser considerados como desarrollo en el sentido funcional. El pensamiento no se expresa simplemente en palabras, sino que existe a través de ellas. Todo pensamiento tiende a conectar una cosa con otra, a establecer relaciones, se mueve, crece y se desarrolla, realiza una función, resuelve un problema²⁸.

Vygotsky establece que tanto el pensamiento como el lenguaje, en su desarrollo ontogenético, provienen de distintas raíces genéticas, hasta un cierto tiempo, siguen líneas separadas, independientemente una de la otra, pero en un momento determinado estas líneas se encuentran y es cuando el pensamiento se torna verbal y el lenguaje racional.

Spirkin²⁹ en su obra *Origen del lenguaje y su papel en la formación del pensamiento* señala que gracias a la función generalizadora del lenguaje, el hombre fue capaz de tener una visión de conjunto de la gran cantidad y variedad de cosas, así como de fenómenos que se le presentaron. Sin el lenguaje no sería posible establecer lo general de los objetos y fenómenos particulares del mundo real. El hombre se habría desconcertado ante el cambio incesante de fenómenos y sus relaciones, por ende no hubiera podido referirlos a *conceptos*.

²⁸ Ibídem, pp 166.

²⁹ Spirkin, A. *Origen del lenguaje y su papel en la formación del pensamiento*. En Gorski, D.; Kopnin, P.(Comps) *Pensamiento y lenguaje*. Edit Grijalvo. México, D. F. 1961.



El hecho de que el hombre pudiera conceptualizar, permitió que los individuos entendieran lo que el otro intentaba comunicar, llamar las cosas con un nombre determinado y común a todos, hizo posible la comunicación entre iguales. Al respecto, Lonergan afirma que:

En todos los pueblos y en todos los hombres son iguales los conceptos -de otra manera, no habría objetividad en el conocimiento-; en cambio, las palabras exteriores son meramente convencionales, lo cual se manifiesta en que hay diversos modos de expresión, diversos lenguajes orales y escritos³⁰.

Esta universalidad de conceptos permite que se pueda hacer referencia a un objeto sin que lo que tengamos en frente, que se pueda hablar de sus características, de su función o simplemente de lo que se piensa de ese objeto. La otra persona sabrá de qué se le habla, entenderá lo que se le dice acerca de ese objeto o fenómeno.

Pero ¿cómo se forman los conceptos?

Por ejemplo, un niño escucha muy a menudo palabras sin sentido. De inicio no les atribuye ningún significado. Se supone que este niño comenzará a hacer conexiones asociativas, sin embargo las investigaciones que realizó Vygotsky al respecto refutan esta idea, Ach demostró que esto no es suficiente para formar un concepto, no se trata de un proceso mecánico y pasivo, su formación es creativa y la ubican dentro de la solución de problemas, así lo señala Vygotsky:

[...] el concepto no es una formación aislada, dosificada, que no sufre cambios, sino una parte activa del proceso intelectual, comprometida constantemente en servir a la comunicación, a la comprensión y a la solución de problemas³¹.

³⁰ Lonergan. Verbum, Notre Dame: University of Notre Dame Press, 1967, p. 2. Citado en Beuchot, M. Ensayos marginales sobre Aristóteles. UNAM. México, D.F. 2da. Ed. 2004, pp 25.

³¹ Vygotsky, L. Pensamiento y lenguaje. Teoría del desarrollo cultural de las funciones psíquicas. Edic. Quinto Sol. México D. F. 1992, pp 84.



Existe la idea de que los adultos transmiten al niño su propia manera de pensar, es una idea falsa, lo que se le proporciona, es el significado de la palabra, lo que Vygotsky llamó *complejo*³² *con todas sus peculiaridades estructurales, funcionales y genéticas del pensamiento de este tipo*³³.

Distinguió tres fases en la formación de conceptos espontáneos en los niños:

1. Cúmulos no organizados
2. Pensamiento mediante complejos
3. Pseudoconceptos³⁴

Un problema al que se enfrentaron Vygotsky y sus colaboradores al emplear el "método genético-experimental" fue la distinción entre el pseudoconcepto y el concepto real, ya que son muy parecidos, de hecho un niño con un pensamiento en complejos no notará la transición hacia el pensamiento conceptual ya que el pensamiento en pseudoconceptos es muy parecido al conceptual de un adulto, es una etapa transitoria. El intercambio de palabras con los adultos va a favorecer el desarrollo de nuevos conceptos, los pseudoconceptos son vitales para la formación de nuevos conceptos ya que se encuentra como eslabón entre los complejos y los conceptos reales.

Como resultado de sus investigaciones sobre este tema, sostiene que el concepto va a surgir y a tomar forma en el transcurso de una operación compleja que lo lleve a solucionar un problema dado o que se le presente. Será en el intento de encontrar la solución a este problema lo que lo conducirá a la formación del concepto. Por supuesto el pensamiento que use un niño y el que use un adulto para abordar tal problema van a ser completamente diferentes. Las formas de pensamiento dependen de ciertas operaciones mentales que posee cada uno.

Vygotsky pone mucho énfasis en el proceso de formación del concepto, y está convencido de la importancia del "*significado de la palabra*³⁵", en la relación que existe entre el pensamiento y la palabra, donde el significado es ante todo una generalización. Así mismo, afirma que:

³² Un complejo es una asociación de objetos basada en sus rasgos perceptivos comunes inmediatos. El nexo común entre los objetos que forman parte del complejo no es estable, por lo que varía continuamente. *Ibidem*.

³³ *Ibidem*, pp 101.

³⁴ Es la forma más avanzada de los complejos y agrupa adecuadamente los objetos, pero a partir de sus rasgos sensoriales inmediatos, sin que el sujeto tenga una idea muy precisa de cuáles son los rasgos comunes a los objetos, esto es, sin que conozca propiamente el concepto. Los pseudoconceptos no sólo aparecen en el pensamiento infantil, el lenguaje cotidiano de los adultos e incluso la evolución de los significados en la propia lengua, están llenos de ejemplos de ellos. Se basan en una generalización a partir de rasgos similares, son una vía para la formación de los conceptos propiamente dichos. *Ibidem*.



La formación del concepto es el resultado de una actividad compleja en la cual intervienen las funciones intelectuales básicas. El proceso, sin embargo, no puede ser reducido a la asociación, la atención, la imaginación, la diferencia o las tendencias determinantes. Todas son indispensables, pero, al mismo tiempo, insuficientes sin el uso del signo o la palabra, como el medio a través del que dirigimos nuestras operaciones mentales, controlamos su curso y las canalizamos hacia la solución de la tarea con la cual nos enfrentamos³⁶.

Sostiene además, que es en la primera infancia cuando inicia la evolución del proceso de formación del concepto, pero es hasta la pubertad cuando ya han madurado las funciones intelectuales que permiten el desarrollo de formación del concepto que continúa evolucionando aún en la edad adulta. Antes de la pubertad existen determinadas operaciones intelectuales que desempeñan funciones muy similares a las de los verdaderos conceptos, es por ello que el niño puede entender muchas palabras y comunicarse con los demás.

Menciona Vygotsky que el desarrollo intelectual de los individuos no puede concebirse como independiente del medio social. El desarrollo de las funciones psicológicas superiores se da primero en el plano social y después en el nivel individual. La sociedad juega un papel trascendente en la formación de conceptos, siendo en la adolescencia cuando estos adquieren forma, es importante que el medio ambiente le proporcione al adolescente nuevos retos, desde los propios hasta los sociales, los cuales estimularan su capacidad intelectual que le demandaran formar nuevos conceptos. Este proceso favorece que alcance estadios superiores, podrá incluso involucrarse más en su medio y participar de manera más activa.

El medio social y cultural tiene tal injerencia en la formación del concepto en los adolescentes, que condiciona su método de pensamiento y contenidos. Así lo proclama el autor en éstas líneas:

El nuevo uso significativo de la palabra, su utilización como un medio para la formación del concepto es la causa psicológica inmediata del

³⁵ El significado de cada palabra es una generalización o un concepto. Si las generalizaciones y conceptos son indudablemente actos del pensamiento, podemos considerar al significado como un fenómeno inseparable al pensamiento. El significado de la palabra es un fenómeno del pensamiento mientras esté encarnado en el lenguaje, y del habla sólo en tanto esté relacionado con el pensamiento e iluminado por él. *Ibídem.*

³⁶ *Ibídem*, pp 90.



*cambio radical que se produce en el proceso intelectual al llegar al umbral de la adolescencia*³⁷

En los adolescentes ya no aparecen funciones elementales, las que ya existen se unen para formar una sola estructura que generará un nuevo “complejo total”. La palabra como la unidad de análisis es una parte integral en el proceso de formación de nuevos conceptos. El adolescente ya es capaz de controlar y dirigir sus procesos mentales mediante ésta. *La aptitud para regular las propias acciones usando los medios auxiliares alcanza su completo desarrollo solamente en la adolescencia*³⁸, ya que un nuevo concepto requiere de una capacidad de abstracción que se supone debe poseer un adolescente. En un pensamiento de complejos la abstracción no se ha logrado del todo. Se puede decir que es inestable y no permite la formación de conceptos.

Considerando lo ya planteado, el adolescente dentro de su contexto escolar tiene que enfrentarse a conocer y adoptar conceptos ubicados en el contexto científico. Para él, significa aprender un lenguaje nuevo y al mismo tiempo una nueva forma de ver al mundo. Se encontrará ante palabras que muy probablemente no le dirán nada en un inicio y que quizás a través de un constante uso del lenguaje específico de cada disciplina, poco a poco integrará tales conceptos a sus estructuras cognitivas.

Por lo pronto este tema no podría desarrollarse, sin la consideración del lenguaje científico. Aunque sólo sea posible presentar un panorama sucinto por fuerza, es importante dejar constancia de su relevancia en la enseñanza de la ciencia.

³⁷ *Ibíd.*, pp 91.

³⁸ *Ibíd.*



Lenguaje científico

*Para comprender una ciencia,
es preciso conocer su historia.*

Augusto Comte.

El lenguaje científico es considerado por Gutiérrez,³⁹ en su obra *La ciencia empieza en la palabra* como todo mecanismo utilizado para la comunicación, inmerso en el ámbito científico. Esta comunicación además de efectuarse entre expertos, también se produce entre estos mismos y con la ciudadanía en general.

El lenguaje científico desde sus orígenes y en diferentes épocas ha sufrido matices y/o cambios. En ocasiones por interpretaciones y traducciones equivocadas, o por el avance del propio conocimiento, descubrimientos e inventos, sin dejar de lado las aportaciones que han dado diferentes culturas al conocimiento científico.

Es conveniente presentar un breve panorama histórico sobre el tema, con la intención de resaltar la importancia y la necesidad de tener un lenguaje científico que cumpla con ciertas características que se enunciarán más adelante.

El lenguaje científico tuvo sus orígenes en Grecia. De acuerdo a Estébanez,⁴⁰ aún cuando las antiguas culturas como la egipcia, babilónica, la maya, etc., aportaron importantes conocimientos, fueron los Presocráticos quienes comenzaron a utilizar un lenguaje específico para referirse a los conceptos que construían durante el desarrollo intelectual que los ocupaba en esa época. Prácticamente el lenguaje científico se ha construido a lo largo de casi 2600 años.

El idioma del lenguaje científico en Europa durante la Antigüedad clásica, fue casi en su totalidad griego. Las obras de los grandes filósofos clásicos fueron escritas en ese idioma. Gutiérrez, apunta que: [...] *en esta época nació la terminología a la par del pensamiento científico.*

³⁹ Gutiérrez, B. *La ciencia empieza en la palabra*. Península. Barcelona, España. **1998**

⁴⁰ Estébanez, G. F. *Etimos griegos: monemas básicos del lenguaje científico*. Edic. Octaedro. Barcelona España. **1998**. pp 19.



Estébanez, señala que una de las grandes ventajas del griego, es la de poseer una gran riqueza de vocabulario en lexemas y afijos⁴¹, es flexible en la derivación y en la composición, asimismo, dúctil para sintetizar conceptos. Estas virtudes favorecieron el avance en el conocimiento y el desarrollo de un lenguaje científico más próspero. La lengua latina fue por tanto la que predominó incluso en el imperio Romano en el ámbito científico por mucho tiempo.

En el siglo VII d. C., menciona Gutiérrez, los musulmanes conquistaron desde la península arábiga hasta Siria, Palestina, la India, Egipto, parte de Italia y toda la península Ibérica. Ellos se encontraron con un tesoro de conocimientos que no tardaron en asimilar. Se dieron a la tarea de traducir las obras griegas a la lengua árabe. De esta forma la riqueza se potenció, ya que los musulmanes hicieron aportaciones importantes al conocimiento científico, la ciencia continuó avanzando y con ella su lenguaje, éste se enriqueció con muchos arabismos que incluso hoy día se siguen empleando (*álcali, alcohol, alquitrán, arroba, azogue, azufre, batea, bórax, jaqueca, jarabe, momia, nuca* [...])⁴²

Según Gutiérrez, para el siglo XIII las obras científicas escritas en lenguas como el siríaco, persa, chino eran traducidas al árabe. Así, había que traducir de este último al latín y a las lenguas romances. Durante este proceso los traductores se enfrentaron a problemas relacionados con la fonética y la grafía de cada lengua. Los homónimos y los términos polisémicos generaban confusión y cambios semánticos; así se señala en el siguiente párrafo:

[...] Un término existente en una lengua carecía de otro correspondiente en la que iba a verter; si el traductor conocía con exactitud lo que significaba, podía dar con un buen equivalente el mismo: ya fuera mediante una palabra, ya se viera obligado a servirse del rodeo de una perífrasis. Pero si el traductor desconocía por completo el significado de la voz que debía traducir, tenía que conformarse con adaptarla a la otra lengua o limitarse a transliterarla⁴³.

⁴¹ Lexemas: monemas con significado pleno y autónomo, también llamados raíces. Los afijos se unen al lexema para formar palabras de significado afín, del mismo campo semántico, de la misma familia léxica; pueden ser prefijos, infijos y sufijos. Tomado de la obra anterior: Estébanez, G.F. *Etimos griegos: monemas básicos del lenguaje científico*. Edic. Octaedro. Barcelona España. **1998**, pp 20.

⁴² Gutiérrez, B. *La ciencia empieza en la palabra*. Península. Barcelona, España. **1998**, pp 61.

⁴³ *Ibidem*, pp 57.



La consecuencia de este tipo de traducciones propicio un aumento de errores en los textos científicos, muchas de éstas obras mal traducidas se desecharon posteriormente por ser poco precisos. Probablemente en este proceso se perdieron textos valiosos en cuanto a aportaciones científicas se refiere.

En el Renacimiento los sabios se preocuparon y trabajaron con la idea de recuperar algunos textos griegos originales. Las universidades se convirtieron en los centros del conocimiento donde la lengua oficial era el latín. Aún cuando el mundo musulmán aportó grandes conocimientos a la ciencia prevaleció un desprecio por esta cultura.

Para esta época, las lenguas vulgares fueron ganando terreno en el ámbito científico pues venían a suplir algunas deficiencias que el latín a esas alturas poseía, producto de las traducciones e interpretaciones de antaño. No obstante el uso de las lenguas vulgares permitió que más personas tuvieran acceso al conocimiento científico. La imprenta fue otro factor importante en la difusión de la ciencia. Por otro lado la iglesia promovía el uso del latín con fines políticos y de control, además de que era la lengua oficial en las universidades.

Para el siglo XVIII, todavía prevalecía el latín como lengua culta. Sin embargo es en este siglo cuando algunas ciencias se liberan de esa lengua y las obras escritas posteriormente comienzan a ser redactadas en otros idiomas como el francés. Esta lengua cobró importancia sobre todo en los siglos XVIII y XIX.

El siglo XX se caracterizó por la cantidad de descubrimientos y aportaciones científicas. Esto trajo como resultado, el avance tecnológico y la fuga de cerebros de Europa hacia América del Norte. El viejo continente dejó de ser el único protagonista en este ámbito. Actualmente los asiáticos y los estadounidenses han ganado terreno sobre todo en el campo de la tecnociencia.

Este pequeño bosquejo histórico ha conducido a prestarle mayor atención al lenguaje científico. Por ello se busca un lenguaje que permita favorecer la continuidad en la comunicación dentro del aula. En el ámbito internacional, actualmente las comunidades científicas procuran que éste cumpla con



ciertas características para que los conceptos científicos signifiquen lo mismo aquí y en otros países aún cuando se utilicen diferentes idiomas.

Estas son las características que debe poseer un lenguaje científico:

- Precisión en los términos científicos: La ambigüedad que pudiera poseer la terminología científica se puede deber a la sinonimia, polisemia y homonimia, asimismo, el significado de los términos no debe ser influenciado por factores externos, ni condicionado por quien lo emplea.

Gutiérrez, afirma que: un término es preciso si cumple con las siguientes características:

- *Que el significado esté delimitado de antemano. Cuento con una definición que fije el concepto estableciendo relaciones con otros- ya conocidos o ya definidos- con la finalidad de separarlo claramente de ellos.*

- *Que el significado sea monosémico. El término se refiere a un único concepto- no cuenta con sinónimos (univocidad).*

- *Que la relación que se establezca entre los términos dentro del sistema sea la misma que se establezca entre los conceptos. Los conceptos no son elementos aislados⁴⁴.*

- Neutralidad emocional. El uso que se le da a los términos no debe estar inmerso en valores afectivos ni en contextos donde se carece de objetividad. Ha sucedido que a lo largo de la historia un término científico es adoptado por el lenguaje coloquial, en este último caso es más propenso a ser influenciado por un ambiente afectivo; v.gr: *histeria*, empleado en medicina y/o psicología desde hace algún tiempo, pero, actualmente es empleado como una ofensa.⁴⁵

- Estabilidad. Esta característica es estricta hasta cierto punto. Los términos pueden ser estables por mucho tiempo, pero no se puede perder de vista que dentro del avance científico, los conceptos pueden variar en cuanto a su significado o incluso desechados según sea el caso; v.gr: *el calórico*⁴⁶

⁴⁴ *Ibíd*em, pp 90-91.

⁴⁵ *Ibíd*em, pp 93.

⁴⁶ *Ibíd*em.



Estas son características que mínimamente deben cumplir los términos científicos, no obstante son susceptibles a no cumplirse debido a:

- Existencia de sinónimos:
 - *Escuelas que se empeñan en designar los mismos conceptos con diferentes nombres.*
 - *La estandarización de los tecnicismos que aboca a la coexistencia, durante un largo periodo, del viejo término y el nuevo estandarizado.*
 - *El predominio que el inglés americano ejerce como lengua principal de trabajo científico⁴⁷.*
- Existencia de polisemia y homonimia⁴⁸:
 - *Para el caso de la polisemia, las raíces que se emplean para formar los términos se usaron ya polisémicamente desde su origen.*
 - *Las raíces contenían un solo significado, pero con el paso del tiempo se han dotado de otros.*

Gutiérrez, además de señalar estas dificultades, cita una más:

- Ocultamiento de la realidad, jergas⁴⁹ y otras desviaciones:

Este punto está muy relacionado por ejemplo, con la práctica médica, quienes al comunicar sus diagnósticos a los pacientes o familiares de los pacientes, suelen utilizar términos precisos que pocas veces comprenden sus interlocutores. La impresión generada con esta actitud es *signo de pertenencia a un grupo, como si la dificultad de comprensión obedeciera a la gran dificultad del contenido de los conceptos que contiene el mensaje⁵⁰.*

De esta manera se presentó un panorama muy general sobre la historia del lenguaje científico, las características ideales que éste debe cumplir para que funcione adecuadamente en el proceso de la comunicación, así como algunos problemas relacionados a él. Este bosquejo permite visualizar que la construcción del mismo a lo largo de la historia no ha sido tarea sencilla. No obstante, gracias a

⁴⁷ *Ibídem*, pp 97-98.

⁴⁸ *Polisemia: Existencia de un significante cuya forma no coincide con ningún otro y que ha adquirido varios significados. Homonimia: Supone la existencia de dos términos dotados de significados diferentes pero que coinciden en un mismo significante, situación a la que se ha llegado porque hay palabras distintas en su origen que terminan coincidiendo en su aspecto externo a causa de su evolución. Ibídem*, pp 99.

⁴⁹ La jerga entendida como aquel profesionalista que supone que toda persona común comprende el lenguaje científico específico de su especialidad. Los términos que emplean muy a menudo son poco precisos para el público en general.

⁵⁰ *Ibídem*, pp 102.



los esfuerzos de muchos científicos de diferentes épocas se ha intentado utilizar un lenguaje científico universal, preciso, unívoco, consistente, claro, y neutro.

Un ejemplo de lenguaje científico es el empleado por la química, que ha recorrido un largo y fructífero desarrollo además de tener un impacto importante en la sociedad. El cuadro histórico del lenguaje científico ya presentado es a la par el mismo para la química, sólo que específico para la disciplina.

Por supuesto la química no se salvó de los tropiezos ya antes descritos, sin embargo ante tal panorama, a lo largo de la historia de esta ciencia figuraron personajes preocupados por organizar y normalizar este lenguaje. Muchas de las propuestas no trascendieron dado que se enfrentaban a una telaraña de nombres, conceptos, ideas nacionalismos, etc. Aún a contra corriente, hubo un avance en la normalización de la terminología química, tema que nos ocupara en el siguiente punto.

Historia de la terminología química

“El progreso de las ciencias depende enteramente del progreso de sus lenguajes”. Bonnot de Condillac

Muchos de los términos que hoy emplean los químicos tienen su origen en la filosofía clásica, sus raíces son griegas y latinas. Algunos de esos términos ya no tienen el significado original; los cambios que han sufrido a través de la historia se deben al avance que ha tenido la ciencia, tales como: descubrimientos de nuevas sustancias, invento de técnicas, instrumentos y conceptos.

Un caso muy interesante se refiere al término *átomo*, palabra que procede del griego, propuesta por Demócrito en el siglo V a. C., con la creencia de que toda la materia estaba formada por partículas muy pequeñas e indivisibles. Por muchos siglos prevaleció esta idea hasta que se descubrió el electrón en 1897.

Con la intención de dar una idea general sobre la concepción que se tenía sobre algunos conceptos y de cómo estos se han ido modificando a lo largo de los siglos, se presentan algunas definiciones como la de: átomo, elemento, química, alquimia y sustancia; al mismo tiempo se señala el contexto en el que se ubicaba cada concepto y su significado.

En 1796 el átomo se concebía así:

Corpúsculo de una dureza perfecta, enteramente sólido o no poroso e indivisible. Algunos filósofos han admitido a los átomos; y los han considerado como los elementos de los cuerpos. Pero ¿Quién puede racionalmente admitirlos quales se deben concebir según la definición que acabamos de dar de ellos? Los átomos son ciertamente materia, sin lo que no podrían ser los elementos de los cuerpos, luego se componen de partes distintas unos de otras; porque la parte de arriba es distinta de la de abaxo, y la derecha es distinta de la izquierda. &c.



Si se componen pues de partes es necesario concebirlos como divisibles, y por consiguiente dexar de considerarlos como átomos⁵¹.

Efectivamente, átomo viene del prefijo griego “a”, que indica negación o privación, y la raíz también griega “tomos” que significa “corte”; por lo tanto, desde el punto de vista etimológico, átomo significa indivisible⁵², la definición presentada era consistente con lo que se sabía en esa época, no obstante, el término *átomo* hoy en día se sigue empleando, los químicos no tenemos problema en entender su significado aún cuando sabemos que la definición anterior ya no es válida.

El concepto de elemento también ha sufrido modificaciones respecto a su significado. A lo largo de la historia ha tenido dos importantes: *el de componente primero de un todo compuesto* y *el de término o resultado de un proceso de análisis o de división⁵³*.

El primero de ellos fue empleado por los griegos. *Diógenes Laercio da testimonio de que fue Platón el primero en hablar filosóficamente de elemento, pero fue Aristóteles quien dio un análisis exhaustivo del concepto:*

Por elemento se entiende, el primer componente de una cosa cualquiera en cuanto sea de una especie irreducible a una diferente especie, y en tal sentido los elementos de las palabras (o sea las letras), por ejemplo, son los elementos de los que consisten las palabras y en los cuales se dividen por último, porque no pueden a su vez dividirse en partes de especies diferentes.

Con respecto a la cita anterior, Abbagnano escribe:

De esta manera para Aristóteles, elementos son las entidades más universales, simples e indivisibles y pueden hallarse en un número indefinido de casos⁵⁴.

⁵¹ Este párrafo está escrito de acuerdo al texto original. Diccionario Universal de Física. Escrito en francés por M. Brisson, Traducido al castellano, y aumentado con los nuevos descubrimientos posteriores a su publicación por los Doctores D. C. C. y D. F. X. C. Tomo I. De Orden Superior Madrid en la Imprenta Real. Año de 1796, pp 120.

⁵² García, B.; José, B. “Nombrar la materia. Una introducción histórica a la terminología química”. Ed. del Serbal. Barcelona, España. 1999, pp 27.

⁵³ Diccionario de Filosofía. Abbagnano, Nicola. Fondo de Cultura Económica. 2da ed. México, D.F. 1991, pp 376-377.

⁵⁴ *Ibidem*. pp 376-377.



El segundo significado, es atribuido a Robert Boyle en el s. XVII, quien definió elemento como:

*Cuerpo no descompuesto que no se logra descomponer por los medios químicos de que se dispone*⁵⁵.

De acuerdo a la definición dada por Boyle, es claro que existía la idea de elemento a partir de la instrumentación y técnicas de análisis con la que se contaba en aquella época. Así, lo que no se podía dividir o descomponer en partes más pequeñas era simplemente considerado un elemento. Así sucedió con el aire, el cual fue clasificado equivocadamente como elemento.

Otro caso interesante y que tiene relevancia para este trabajo es justamente el concepto de sustancia; concepto atribuido a Aristóteles. Etimológicamente significa "lo que está por debajo" (sub- stare). Para este filósofo, la *ουσια* es la sustancia, o el ente primero, también se le da el sentido de esencia⁵⁶.

Este concepto fue sufriendo serios matices a lo largo de la historia, fue tema de debate por algunos filósofos como Sto. Tomás, Descartes, Leibniz, Locke, Berkeley, Hume y Kant por mencionar algunos. Cada uno de ellos hacía precisiones sobre el concepto y su idea versaba en cuestiones religiosas, por ello no abundaremos en esta parte.

Es evidente que el significado atribuido al término sustancia hace algunos siglos es aparentemente diferente al que hoy se le asigna, pero... ¿por qué aparentemente? Si se considera una definición actual como la siguiente: *materia que tiene composición constante o definida (el número y tipo de unidades básicas presentes) y propiedades distintivas*⁵⁷; y se hace un análisis cuidadoso del significado aristotélico de ente primero o esencia, se tiene que, sustancia desde un punto de vista macroscópico se refiere a un material que esta formado por un sólo constituyente, aquel que si se descompone en partes más pequeñas perdería la esencia de lo que es. Siendo así, la idea clásica de *esencia* no está tan lejana a la idea que tienen hoy los químicos sobre ella.

⁵⁵ *Ibidem*. pp. 377.

⁵⁶ Beuchot, M. *Ensayos marginales sobre Aristóteles*. UNAM. México, D.F. 2da. Ed. 2004, pp 115.

⁵⁷ Chang, R. *Química*. Ed. McGraw Hill. 4ª ed. México. 1992, pp 7



Lo mismo ocurrió con otras palabras. En los siglos XVI Y XVII, por ejemplo, se emplearon las palabras “*alchymia*” y “*chymia*” con un significado semejante, para hacer referencia a un mismo conjunto de conocimientos y prácticas⁵⁸. Fue en la época catalogada hoy, como la época de la alquimia en la que prevaleció un lenguaje místico, figurado, enigmático, inexacto, basado en las observaciones y asociaciones que los alquimistas hacían durante sus trabajos de investigación. Ellos procuraban a toda costa ocultar sus conocimientos. Sólo tenían acceso a esos conocimientos, el mismo alquimista, sus aprendices y muy probablemente los nobles que les daban protección y apoyo para hacer sus investigaciones. Esto trajo como consecuencia que el lenguaje alquímico fuera completamente inaccesible e ininteligible para el pueblo en general. A pesar de todos los esfuerzos por ocultar sus trabajos y conocimientos, éstos se llegaban a conocer, sólo que de manera confusa y equivocada.

Era muy común que la mayoría de las “sustancias” que empleaban tenían nombres que hacían alusión a las propiedades observables o al uso que se les daba; una sustancia podía tener varios nombres, de igual manera había un solo nombre para llamar a diferentes sustancias parecidas. Curiosamente muchos de los nombres tenían gran relación con materiales que se empleaban en la cocina.

Lavoisier en su obra *Tratado Elemental de Chimica* escribe:

Nombres como polvos de algoroht, sol alembrot, pomphólix, agua phagedénica, turbita mineral, cólcothar requieren de mucho hábito y memoria para acordarse de las sustancias que expresan.

Los nombres de: aceyte de tártaro por deliquio, aceyte de vitriolo, manteca de arsénico y de antimonio, flores de zink son mas impropios porque originan ideas falsas, pues propiamente hablando no existen en el reyno mineral, y sobre todo entre los metales, manteca, aceytes ni flores; y finalmente porque las substancias que se designan baxo estos engañosos nombres son unos venenos temibles⁵⁹.

⁵⁸ García, B.; José, B. “Nombrar la materia. Una introducción histórica a la terminología química”. Ed. del Serbal. Barcelona, España. 1999, pp 32.

⁵⁹ Tomado textualmente del Discurso Preliminar de la obra de: Lavoisier, A. *Tratado Elemental de Chimica*. Traducido al castellano para el uso del Real Seminario de Minería de México por Vicente Cervantes, con la colaboración de José Rojas como escribano y bajo la responsabilidad de D. Mariano de Zúñiga y Ontiveros. Tomo I. 1797, pp12.



Los nombres eran asignados de acuerdo a analogías que los alquimistas hacían. Por ejemplo, estos tenían una gran relación con la *astronomía*, al designar a los metales utilizaban a *saturno* para nombrar al plomo; o a la mitología griega como a *Febo* que lo relacionaban con el azufre; al propio *ser humano* para referirse a metales; a la metafísica aludiendo a los *espíritus* que tenía que ver con algo volátil y ligero; los animales como el *león verde* asociado al cobre; al *reino vegetal* lo relacionaban con el zinc (flores de zink); al *sexo* para hablar de procesos o lo *masculino* para denotar al oro y *femenino* a la plata⁶⁰.

A continuación se presentan ejemplos de los nombres con los que se conocían algunas sustancias en esta época (Tabla 1):

Tabla 1. Nombres alquímicos de algunas sustancias conocidas en esa época.

<i>Nombre propuesto</i>	<i>Nombre anterior</i>
<i>oxígeno</i>	<i>Ayre deflogistado, ayre empireal, ayre vital, base del aire vital</i>
<i>barita</i>	<i>Barota, tierra pesada</i>
<i>Oxido de plata</i>	<i>Cal de plata</i>
<i>Oxido negro de hierro</i>	<i>Etiope marcial</i>
<i>Oxido negro de mercurio</i>	<i>Etiope mineral</i>
<i>Ácido nitroso</i>	<i>Ácido nitroso fumante</i>
<i>Ácido sulfúrico</i>	<i>Ácido vitriolito</i>
<i>ácido muriático</i>	<i>Ácido marino</i>
<i>Ácido cítrico</i>	<i>Ácido de limón</i>
<i>Ácido benzoico</i>	<i>Flores de benjuí</i>
<i>Ácido fórmico</i>	<i>Ácido de hormigas</i>
<i>Carbonato de barita</i>	<i>Tierra pesada, ayreado o efervescente</i>
<i>Carbonato de nikel</i>	<i>Mefito de nikel</i>
<i>Cal de hierro</i>	<i>Vinagre marcial</i>
<i>Cal de plomo</i>	<i>Azúcar de saturno, vinagre de saturno, sal de saturno</i>
<i>Cal de cobalto</i>	<i>Tinta simpática</i>

Tomado textualmente del Discurso Preliminar de la obra de: Lavoisier, A. *Tratado Elemental de Química*. Traducido al castellano para el uso del Real Seminario de Minería de México por Vicente Cervantes, con la colaboración de José Rojas como escribano y bajo la responsabilidad de D. Mariano de Zúñiga y Ontiveros. Tomo I. 1797, pp140, 149, 240

⁶⁰ Crosland, M. *Estudios Históricos en el lenguaje de la química*. UNAM. México, D.F. 1988.



Algunos de estos nombres, cambiaban a través del tiempo, de región en región o de alquimista a alquimista, tan es así que era común que cada alquimista tuviera su propia nomenclatura, su propio lenguaje alquímico.

La alquimia tenía un propósito fundamental: obtener la piedra filosofal. Para llegar a este objetivo realizaban en sus laboratorios diversas investigaciones. Sucedió que en un momento dado compartían con alguien sus logros, pero se enfrentaban una vez más a un problema no tan ajeno, *cada vez que la alquimia se trasladaba de un lenguaje y de una cultura a otra, existía la posibilidad de mal interpretar los objetivos de los trabajos anteriores*⁶¹. En cualquier lugar, si la información no era precisa, se corría el riesgo de incurrir en errores al respecto

Así mismo al copiar un texto o traducirlo, éste no se salvaba de errores, los que se iban acumulando cada que se realizaba una copia del mismo texto, dada la intención de conservar la información que contenía el documento, *muchos textos alquímicos estaban repletos de errores originados por la compleja transmisión de sus conocimientos de una lengua a otra y de una cultura a otra a través de la copia manuscrita*⁶².

El tipo de lenguaje que empleaban los alquimistas prevaleció por mucho tiempo. La química, ya como ciencia joven, fue heredando la tradición de la alquimia en todos sus aspectos, incluyendo el lenguaje.

Los químicos del s. XVII al escribir sus trabajos se fueron dando cuenta que empleaban un lenguaje poco preciso. Comenzaron a ser concientes sobre lo que escribían, lo cual generó una gran insatisfacción que los orilló a poner más cuidado en la redacción de sus textos. Es en esta época en la que surgen los primeros científicos que se preocuparon por emplear un lenguaje más claro y más preciso. Le Febure, por ejemplo, fue un personaje *que aún con sus ideas metafísicas, cuidó la distinción del significado de los términos que empleaba*. O como Nicolas Lemery que en 1697 con

⁶¹ Ibídem. pp 76.

⁶² García, B.; José, B. “Nombrar la materia. Una introducción histórica a la terminología química”. Ed. del Serbal. Barcelona, España. 1999, pp 33.



su libro *Cours de Chymie*, intentó erradicar la oscuridad sistemática que hasta ese momento seguía influyendo en la química⁶³.

Dentro de los intentos por solucionar este caos, El Real Colegio de Médicos de Londres nombró un comité para sugerir reformas a la *London Pharmacopoeia*, contribución importante que recayó en la terminología química. En 1742 dio su informe al respecto⁶⁴. Sin embargo, esta tarea no fue fructífera ni suficiente para tener una homogeneidad en la terminología. Ponerse de acuerdo resultó ser más complicado.

Otros científicos como: Caspar Neumann en 1727, William Cullen en 1753, Pierre Joseph Macquer en 1749, Bergman en 1775- 1784 y Guyton de Morveau en 1782⁶⁵ criticaron fuertemente la terminología existente e hicieron un intento por reformarla.

Fue justamente en este siglo, (XVIII), y sobre todo en el último cuarto del mismo que se trabajó para generar una nomenclatura química sistemática. Nuevas sustancias se estaban descubriendo y requerían ser nombradas adecuadamente para que no se generaran más confusiones. El propio Lavoisier se vio obligado, para evitar ambigüedades, a recurrir a frases descriptivas demasiado largas. Al nombrar una sal del ácido fosfórico empleó el nombre de *sel phosphorique a base de sel d'Epsom*⁶⁶, este tipo de frases, preocupaban a los químicos, por inoperantes.

Una de las críticas que hizo Lavoisier con relación a la época transitoria entre la alquimia y la química se refiere a la idea de los cuatro elementos:

[...] es cosa notable, que al mismo tiempo que se enseñaba la doctrina de los quatro elementos se viese todo Químico forzado por los hechos á admitir mayor número|...|miraban la sal y el azufre como unas substancias elementales, y así reconocían la existencia de seis elementos en lugar de quatro⁶⁷.

⁶³ Crosland, M. *Estudios Históricos en el lenguaje de la química*. UNAM. México, D.F. 1988, pp 84-85.

⁶⁴ *Ibidem*. pp 141.

⁶⁵ *Ibidem*. pp 143-145, 162, 184.

⁶⁶ *Ibidem*. pp 151.

⁶⁷ Se respetó la forma de escritura. *Ibidem*. pp 7.



La preocupación se acrecentó cuando pensaron en la posibilidad de un aumento en el descubrimiento de nuevas sustancias. Luego entonces, la pregunta era ¿cómo nombrarlas? Por ejemplo, en la época de Lavoisier existían:

**13 ácidos vegetales: acetoso, acético, oxálico, tartaroso, pirotartaroso, cítrico, málico, piromucoso, piro leñoso, agallico, benzoico, canfórico, sucánico.*

**6 ácidos animales: sabático, láctico, bómico, prúsico, sácara láctico, fórmico.*

**17 metales: arsénico, molibdeno, volfrán, alabandina, níquel, cobalto, bismuto, antimonio, zinc, hierro, estaño, plomo, cobre, mercurio, plata, platina, oro.*

**1152 sales neutras, 20 años atrás sólo se conocían 30 especies de sales⁶⁸.*

Ante este panorama, urgía establecer reglas que permitieran sobre todo nombrar a las sustancias existentes y con miras a nombrar aquellas que se fueran descubriendo. Esta labor la realizaron cuatro científicos en 1787: Antoine Laurent Lavoisier, Guyton de Morveau, Claude Louis Berthollet, Antoine Francois de Fourcroy; quienes publicaron el “*Methodes de nomenclature chimique*⁶⁹”, obra crucial en la construcción de una nueva nomenclatura química.

Lavoisier recibió una gran influencia del abate, Bonnot de Condillac con su obra la *Logique*. En esta obra Condillac establece:

[...] sólo pensamos con auxilio de las palabras, que las lenguas son verdaderos métodos analíticos, que el Álgebra, de todos los modos de enunciarse el mas sencillo, mas exacto y mas adecuado á su objeto, es al mismo tiempo una lengua y un método analítico, y que el arte de discurrir se reduce á un lenguaje bien formado⁷⁰.

Lo importante de estas líneas se localiza en el *método*, un método analítico como el que posee el álgebra, considerado por Lavoisier como perfecto y con un lenguaje verdadero. El método y el

⁶⁸ Tomado textualmente del Discurso Preliminar de la obra de: Lavoisier, A. *Tratado Elemental de Química*. Traducido al castellano para el uso del Real Seminario de Minería de México por Vicente Cervantes, con la colaboración de José Rojas como escribano y bajo la responsabilidad de D. Mariano de Zúñiga y Ontiveros. Tomo I. 1797, pp 93-94, 126, 132.

⁶⁹ García, B.; José, B. “Nombrar la materia. Una introducción histórica a la terminología química”. Ed. del Serbal. Barcelona, España. 1999, pp 41.

⁷⁰ *Ibidem*. pp I.



lenguaje como instrumentos del pensamiento tendrían que ser necesariamente los mejores. Sostenía que si estas herramientas no eran perfectas se corría el riesgo de generar ideas falsas. La nomenclatura tendría que cimentarse sobre principios sólidos, concebida como un *método* para nombrar a las sustancias.

Lavoisier pone de manifiesto lo importante que debe ser la palabra para una ciencia, se pueden tener un sin fin de ideas sobre un fenómeno, pero qué sería de estas ideas sin la palabra, perfeccionar el lenguaje implica saber expresar con palabras los hechos.

La imposibilidad de separar la nomenclatura de la ciencia, y ésta de aquella, depende de que toda ciencia física se compone necesariamente de tres cosas: de la serie de hechos que la constituyen, de las ideas que los representan, y de las palabras que las expresan:

Las palabras deben excitar la idea, y ésta pintar el hecho, pues son tres presiones de un mismo sello; y como las palabras son las que conservan y transmiten las ideas, resulta que no se puede perfeccionar el lenguaje sin perfeccionar la ciencia, ni ésta sin el lenguaje, y que por muy ciertos que sean los hechos y exactas las ideas que originen, no transmitirán mas que impresiones falsas, si no tenemos términos propios con que expresarlos⁷¹.

Lavoisier reconoció que era necesario llevar a cabo una reforma, tomar acuerdos entre la comunidad científica para unificar el lenguaje científico de la época. Al respecto señaló lo siguiente:

Es ya tiempo de desembarazar a la química de los obstáculos de toda especie que retardan su progreso; de introducir en ella un auténtico espíritu de análisis; y hemos establecido suficientemente que esta forma debía ser operada a través del perfeccionamiento del lenguaje⁷².

Se puede afirmar que el progreso científico trae consigo cambios en el propio lenguaje de la ciencia. Si no hay claridad y homogeneidad en los términos que se emplean, puede haber graves consecuencias en la forma de comunicarse. Puesto que este tipo de terminología tiene que cumplir

⁷¹ *Ibidem.* pp I-II.

⁷² *Memoria sobre la necesidad de reformar y de perfeccionar la nomenclatura de la química*, leída en la asamblea pública de la Académie Royal des Sciences del 18 de abril de 1787. Citado en García, B.; José, B. “Nombrar la materia. Una introducción histórica a la terminología química”. Ed. del Serbal. Barcelona, España. **1999**, pp 161.



con ciertas características tales como: precisión, univocidad, consistencia, claridad, universalidad y neutralidad para que funcione la comunicación entre colegas que incluso hablan idiomas diferentes.

Con respecto a esto, Lavoisier escribió:

Una lengua bien hecha, una lengua en la cual se ha recogido el orden sucesivo y natural de las ideas, entrañará una revolución necesaria y puede que rápida en el modo de enseñar; no permitirá a los que profesen la química separarse de la marcha de la naturaleza; será necesario bien rechazar la nomenclatura, o bien seguir irresistiblemente la ruta que ella habrá marcado. Éste es el modo en el que la lógica de las ciencias está esencialmente ligada a su lengua y, a pesar de que esta verdad no es nueva, a pesar de que ha sido ya enunciada, dado que no se encuentra suficientemente difundida, hemos creído necesario traerla a colación aquí⁷³.

La obra de Lavoisier *Tratado Elemental de Química*, se limita a proponer una nomenclatura sistemática de las sustancias existentes, describe una serie de experimentos en los que va describiendo a la familia de éstas, a las que les asignó un nuevo nombre. Las tablas que presenta, contiene a la familia química, el nombre nuevo de cada una y el nombre antiguo. A lo largo de la obra no se ocupa en definir compuesto y/o elemento, sin embargo en su discurso preliminar hace la distinción siguiente:

Me contentaré pues con decir, que si entendemos por elemento las moléculas simples e indivisibles que componen los cuerpos, es probable que no se conocen; pero si al contrario aplicamos al nombrar de elementos ó principios de los cuerpos la idea del último término á que llega el análisis, entónces todas las substancias que no hemos podido descomponer por ningún medio, son otro tantos elementos para nosotros, sin querer decir con esto que los cuerpos que tenemos por simples no estén quizá también compuestos de dos o mas principios; sinó que no separándose jamás, ó por mejor decir no teniendo ningún medio de separarlos, obran respecto de nosotros como cuerpos simples y no debemos suponerlos compuestos hasta que nos lo prueben la experiencia y la observación⁷⁴.

⁷³ *Ibidem*, pp 160.

⁷⁴ Tomado textualmente del Discurso Preliminar de la obra de: Lavoisier, A. *Tratado Elemental de Química*. Traducido al castellano para el uso del Real Seminario de Minería de México por Vicente Cervantes, con la colaboración de José Rojas como escribano y bajo la responsabilidad de D. Mariano de Zúñiga y Ontiveros. Tomo I. 1797, pp 8.



Es oportuno destacar que en este párrafo se define elemento o compuesto a partir de las técnicas de análisis existentes en esa época, idea que perduraba hasta que algún instrumento o técnica propuesta lograba separar algún componente de alguna mezcla o de una sustancia compuesta. Vemos en el párrafo el espíritu científico de Lavoisier, quien deja a “la experiencia y la observación” como criterios para tomar la última decisión acerca de la presencia de un elemento o de un compuesto. No olvidemos que Boyle definía estos conceptos bajo el mismo criterio.

Lavoisier y otros científicos, ya antes mencionados, participaron e intentaron dar un orden a la química desde el punto de vista del lenguaje. Presentaron los cimientos para sistematizarlo, heredando esfuerzos que actualmente se siguen sumando con respecto a precisar la terminología química.

Hasta aquí se han tratado situaciones históricas en torno a conceptos químicos y a nombres de sustancias químicas. Ante ello, conviene también revisar algunos matices sobre la simbología química, donde la propuesta más próspera es la de Berzelius.

Sobre el tema, Crosland, afirma que hasta el siglo XVIII, los químicos empleaban los símbolos usados por los alquimistas. Sus investigaciones señalan que en 1787 Hassenfratz y Adet propusieron símbolos geométricos para representar a los compuestos. No obstante, su propuesta fue inoperante. Dalton por su parte, presentó otra simbología en 1808, la cual fue superada por Berzelius, ya que la simbología presentada por Dalton también tenía dificultades prácticas.

El sistema “moderno” de Berzelius consistía en representar a los elementos mediante el uso de las letras iniciales correspondientes a los nombres latinos de éstos; él mismo afirmó que se basó en la teoría atómica de Dalton, pues pretendió considerar las proporciones de los elementos constituyentes de las sustancias compuestas⁷⁵. Así lo muestra el siguiente párrafo:

Expresemos mediante las letras iniciales del nombre de cada sustancia una cantidad determinada de dicha sustancia; y determinemos dicha cantidad a partir de su relación en peso con el oxígeno [...] Cuando dos cuerpos tienen la misma letra inicial,

⁷⁵ Crosland, M. *Estudios Históricos en el lenguaje de la química*. UNAM. México, D. F. **1988**, pp 312-313.



*añadiré una segunda letra, y en el caso de que ésta también sea la misma letra inicial, añadiré a la inicial la primera consonante de la palabra, que sea distinta...*⁷⁶

Berzelius pensó que al representar de esta manera los símbolos de los elementos en un compuesto, se evitaría dar explicaciones amplias de los resultados obtenidos en los análisis de los minerales. Para 1818, modificó algunos puntos de su propuesta original, pues denotó a los símbolos con un número sobre el mismo, posteriormente lo trató como superíndice derecho y por último, colocó puntos encima del símbolo del elemento; de esa manera indicaba la cantidad de átomos de un mismo elemento presente en determinada sustancia compuesta.

Su sistema de símbolos no estuvo exento de limitaciones, así lo señala Crosland: Berzelius consideró a los halógenos y al nitrógeno como óxidos y no como elementos, los denotaba con una letra, M y N respectivamente. El hecho de utilizar letras iniciales derivó en conflictos por decidir el nombre a emplear para cada elemento. Alemanes e ingleses se negaban a utilizar la propuesta de Berzelius ya que querían que se respetaran los nombres que ellos habían adoptado para algunos elementos.

Aún con la reticencia a usar los latinismos para esta nomenclatura por parte de algunos alemanes e ingleses, el sistema de Berzelius prosperó en esos países. Fue J. F. W. Johnston y J. von Liebig, en 1833, quienes presentaron un simbolismo como el que hoy conocemos: con el número de partículas como subíndice frente al símbolo del elemento que representa éste⁷⁷.

Sin duda Berzelius fue una autoridad en lo que se refiere a la nomenclatura moderna.

Con este sencillo panorama el lector se puede dar cuenta, que las definiciones se van construyendo a través de la historia de acuerdo a modelos, épocas, ideas, etc. Se han presentado brevemente algunos ejemplos de cómo el avance en los conocimientos trae consigo modificaciones en la terminología científica, muchos de éstos se siguen empleando aun cuando su significado ha cambiado ya sea

⁷⁶ Annals of Philosophy, 2 (1813), 359n. Citado en Crosland, M. *Estudios Históricos en el lenguaje de la química*. UNAM. México. D. F. 1988, pp 312.

⁷⁷ *Ibidem*, pp 322.



parcial o totalmente, asimismo se han integrado nuevos términos al vocabulario científico. El problema del lenguaje sigue latente aún hoy día.



Fuentes de consulta

Temo al hombre de un sólo libro.

T. de Aquino.

Los libros son una herramienta poderosa e importante en la educación. Gracias a ellos se puede conocer el pensamiento de una época, las concepciones que se tenían sobre algún tema o fenómeno hace algunos años, y también lo que rige en ciencia en estos días.

Existe la creencia de que los libros contienen información precisa, fidedigna, seria y no se duda en utilizarlos para buscar datos necesarios que permiten conocer más, aclarar alguna duda, o reforzar algún conocimiento, etc. Aunque no se salvan de poseer errores.

En un análisis que realizaron Calvo, P., y colaboradores⁷⁸ sobre los libros de texto de química, encontraron inexactitudes, imprecisiones y errores respecto a la disciplina. Atribuyeron estas características a una falta de actualización según las normas dadas por la IUPAC (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada). Esta investigación puede respaldar el hecho de que muchos libros de texto contienen ideas falsas, producto de la traducción, de la interpretación o que el autor no tenía preciso determinado dato o concepto.

El problema central radica en la ausencia de criterios por parte de los alumnos, para discriminar la información que encuentra en las fuentes de consulta que utilizan, ya sea libros de texto, diccionarios, libros específicos sobre determinada disciplina o incluso fuentes electrónicas como el Internet. Si no detectan tales errores, aceptan totalmente la información que contiene el texto, en parte porque no cuenta con los conocimientos necesarios para descartar información y confían en que un libro o cualquier fuente de consulta no se equivoca.

Los libros de consulta, para el caso de la química, que son libros más especializados sobre la disciplina no se salvan de la crítica anterior, por ejemplo habrá definiciones que incluyen palabras poco precisas para el alumno o que utilizan palabras carentes de significado para él, o puede darse el

⁷⁸ Calvo, P.; M. Araceli.; Martín, M. Análisis de la adaptación de los libros de texto de ESO al currículum oficial, en el capitulo de la química. *Enseñanza de las ciencias*. **2005**, 23 (1), pp 17-32



caso de que la redacción que emplean no es obvia para el adolescente o para el joven. En la mayoría de los casos son definiciones dirigidas a personas con más experiencia en el campo y que tienen un dominio mayor en el lenguaje de la disciplina.

Como el estudiante no comprende determinada definición, opta por lo más fácil, memorizarla tal cual sin darse la posibilidad de reflexionar y asimilar el significado de ese concepto para integrarlo a su universo conceptual.

En el siguiente apartado se presentan ciertas definiciones tomadas de algunas fuentes de mayor consulta que utilizan los estudiantes en las que se intenta destacar algunas imprecisiones o contradicciones encontradas en las mismas.

Esta actividad pretende justificar (dentro de la secuencia didáctica) la necesidad de que en los cursos de química, el docente incluya dentro de sus estrategias alguna acción que incluya al alumno-profesor y que permita analizar los alcances y limitaciones de cierta definición o en el mejor de los casos planear actividades que orienten al alumno a construir los conceptos a partir de términos que le sean significativos al él. Es decir partir de un lenguaje sencillo y cotidiano para avanzar hacia un lenguaje más específico. Por ello se comparte la siguiente idea de, Borsese:

Sería necesario que la definición saliese de su papel abstracto para asumir un significado concretamente operativo⁷⁹.

Los comentarios adyacentes a las definiciones pretenden llamar la atención al lector de que en diversas ocasiones se le pide al alumno investigar cierta definición y el trabajo concluye cuando cumplió en entregarla y no se trabajó más sobre ésta. Las definiciones son herramientas que aclaran dudas, pero también suelen tener límites que el adolescente en ocasiones no logra percibir. Es aquí cuando el docente puede trabajar con sus alumnos para que la tarea no quede sólo como “cumplió o no cumplió”.

⁷⁹ Borsese, A. Enseñanza , lenguaje, aprendizaje significativo: El caso de la química. pp 21



Todas ellas son fuentes consultadas por los estudiantes de bachillerato, en las que se incluye la famosa *En carta*, libros como el Phillips que corresponde al nivel bachillerato o el Chang y Spencer más solicitado por los universitarios más jóvenes que han decidido estudiar la disciplina ya en un nivel profesional.

Definiciones:

Química como ciencia que...

Definición	Comentario
<i>Estudio de la composición, estructura y propiedades de las sustancias materiales, de sus interacciones y de los efectos producidos sobre ellas al añadir o extraer energía en cualquiera de sus formas</i> ⁸⁰ .	<p>La química no estudia todas las interacciones de las sustancias ni todas sus propiedades. Se centra en las interacciones que llevan a la formación de nuevas sustancias. No todos los efectos producidos por la <i>extracción o el añadido</i> de energía son objeto de estudio de la química.</p> <p>Esta definición cae en un error que nos ha sido muy criticado a los químicos: la tendencia a sustancializar⁸¹ la energía, al decir “añadir o extraer energía.”</p>
<i>Investiga y explica la estructura y propiedades de la materia. La materia integra todas las cosas que te rodean: el metal y el plástico de un teléfono, el papel y la tinta de un libro [...]</i> ⁸²	<p>Sosa⁸⁴ hace la crítica siguiente: esta definición es sumamente amplia, es decir si consideramos que la materia es todo aquello que ocupa un lugar en el espacio, entonces la química estudia todo lo que esta a nuestro alrededor. Se Piensa por ejemplo en una computadora, ¿estudiará la química, a la computadora sólo por ser materia? Los ingenieros, los programadores, son quienes más involucrados están en estudiar una computadora como tal.</p> <p>Este comentario es central en el capítulo VII de ésta tesis, ya que la secuencia didáctica pretende delimitar el campo de estudio de la química a “las sustancias” en vez de hablar de materia. Se aclara que por ningún motivo se intenta desaparecer tal concepto. Más bien, partir de conceptos como el de sustancia que además se ubica dentro del mundo macroscópico de la química.</p>
<i>Estudia la composición, la estructura y las propiedades de las sustancias, y las reacciones por las que una de estas se convierte en otra</i> ⁸³	<p>Es claro que algunas definiciones se refieren al campo de estudio de la química como la materia y otras como a la</p>

⁸⁰ Enciclopedia Encarta <http://es.encarta.msn.com/>

⁸¹ Tendencia a usar un objeto material común como referencia implícita para el análisis de conceptos abstractos.

⁸² Phillips, J.; Strozak, V.; et al. *Química: Conceptos y aplicaciones*. Ed. McGraw Hill. México, D. F. 2000, pp 4

⁸³ Spencer, J.N.; Bodner, G.M.; & Rickard, L.H. *Química. Estructura y Dinámica*. Ed. CECSA. Méx. D. F. 2000, pp 1

⁸⁴ Sosa, P. De palabras, de conceptos y de orden. *Educación química*. 1999, 10 (1), 57-60



	<p>sustancias, como es el caso de esta última definición. ¿Cuál definición es la que deben atender los alumnos? ¿Tendrán los elementos necesarios para decidir cuál es la correcta o la mejor? ¿Reflexionan sobre lo que dicen las definiciones o simplemente cumplen con la tarea?</p>
--	---

Materiales:

Definición	Comentario
<p><i>(Del lat. materiālis). 1. adj. Perteneciente o relativo a la materia⁸⁵.</i></p> <p><i>Material compuesto. Sustancia obtenida por la combinación de dos o más materiales diferentes⁸⁶.</i></p>	<p>Este es un término que casi no se emplea en la enseñanza de la química, es así que no se encuentra definido en los libros seleccionados. No por ello se le niega la importancia que éste merece. En física, por ejemplo, se usa perfectamente. De hecho, hoy por hoy, la Ciencia de los materiales es importantísima.</p> <p>Es una palabra de uso cotidiano muy utilizada en nuestro país para referirnos, por ejemplo, a los <i>materiales de la construcción</i>. Se puede afirmar por tanto que es un término cercano al alumno y a las personas en general.</p> <p>Considerado la teoría del aprendizaje de Ausubel⁸⁷, específicamente sobre aprendizaje subordinado y la inclusión derivativa, se aprovecha esa característica del término <i>material</i> para que a partir de él se logre incluir otros conceptos subordinados pertenecientes a la disciplina, como sería el caso de <i>sustancia</i>.</p> <p>En concreto, como se verá en el capítulo VII, correspondiente a la propuesta de secuencia didáctica. Al término <i>material</i>, se le ha otorgado gran importancia dado que se parte de la idea de que para un alumno de bachillerato, éste sí tiene un determinado significado y cabe la posibilidad de usarlo como incluso⁸⁸ de otros conceptos.</p>

⁸⁵ Diccionario de la lengua española (<http://www.rae.es>)

⁸⁶ Enciclopedia Encarta (<http://es.encarta.msn.com/>)

⁸⁷ Pozo, I. *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid, España. Edic. Morata. 1989, pp 209-218

⁸⁸ Para que se produzca un aprendizaje significativo, además de un material con significado y una predisposición por parte del sujeto, es necesario que la estructura cognitiva del alumno contenga ideas inclinatoras, esto es, ideas con las que pueda ser relacionado el nuevo material. *Ibidém*, pp 214

**Mezcla:**

Definición	Comentario
<p><i>Substancia que resulta de la mezcla de otras</i>⁸⁹.</p> <p><i>Asociación de dos o más sustancias sin cambio de su identidad básica de cada una</i>⁹⁰.</p> <p><i>Es una combinación de dos o más sustancias en la cual estas mantienen su identidad</i>⁹¹.</p>	<p>Sería mejor decir “material que resulta de la mezcla de varias sustancias” para evitar una definición cíclica. Estrictamente una mezcla posee 2 o más sustancias. Las mezclas no son una sola sustancia. La primera definición tiende a confundir ambos conceptos.</p> <p>Furió en su artículo <i>Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos</i>⁹², señala que la idea de mantener la “<i>identidad</i>” obstaculiza el aprendizaje del concepto <i>reacción química</i>.</p>

Sustancia:

Definición	Comentario
<p><i>Sustancia (pura). Forma de materia de composición uniforme e invariable y cuyas propiedades físicas y químicas son idénticas, sea cual sea su procedencia</i>⁹³.</p>	<p>Lahore⁹⁵ afirma que <i>son distintas las líneas divisorias entre lo que es puro y lo que no lo es, según el lenguaje popular (agua pura, aire puro), y el concepto de pureza según el lenguaje de la Química</i>. Por lo tanto en el contexto de la química el adjetivo de “puro” se puede decir, está de más.</p> <p>En el segundo cuadro se destacó la idea de construir, mediante una serie de actividades desarrolladas en el capítulo VII, el concepto de sustancia. Se enfatiza este concepto por las siguientes razones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los alumnos no logran distinguir entre una mezcla y una sustancia⁹⁶. • Este concepto se considera de suma importancia como un prerrequisito para aprender de manera general qué es un cambio químico.⁹⁷

⁸⁹ Diccionario de uso del español. Moliner, María. Edit. Gredos. 2da ed. Madrid, España. 2002, pp 408

⁹⁰ Phillips, J.; Strozak, V.; et al. *Química: Conceptos y aplicaciones*. Ed. McGraw Hill. México, D. F. 2000, pp 18

⁹¹ Chang, R. *Química*. Ed. McGraw Hill. 4ª ed. México. 1992, pp 8

⁹² Furió, C.; Furió, C. Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación química*. 2000, 11 (3), 306.

⁹³ Enciclopedia Encarta (<http://es.encarta.msn.com/>)

⁹⁴ Diccionario de uso del español. Moliner, María. Edit. Gredos. 2da ed. Madrid, España. 2002, pp 1158

⁹⁵ Lahore, A. Lenguaje literal y connotado en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* Barcelona; 1993, 11 (1), pp. 60

⁹⁶ Furió, C.; Furió, C. Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación química*. 2000, 11 (3), 300-308.

⁹⁷ Azcona, R.; Furió, C.; Intxausti, S.; Álvarez, A. ¿Es posible aprender los cambios químicos sin comprender qué es una sustancia? Importancia de los prerrequisitos. *Alambique*. 2004. 40, pp. 7-17.



Una Sustancia es materia que tiene la misma composición y propiedades fijas. Además, una sustancia puede ser un elemento o un compuesto, y cualesquiera muestra de materia pura es una sustancia⁹⁴.

Para situarnos en reacción química y generalizando, sobra decir que tanto como productos como reactivos son sustancias. Clasificación y organización asignada por los químicos producto de un proceso histórico.

Son ellas las que bajo ciertas condiciones van a sufrir cambios importantes (químicos y físicos) al grado de partir de determinada(s) sustancia(s) y obtener una(s) nueva(s) con propiedades fisicoquímicas completamente diferentes, desde el punto de vista macroscópico.

Bajo la perspectiva nanoscópica, esta(s) sustancia(s) que experimentará(n) un cambio químico, bajo el modelo de partículas dinámico se considera que habrá una redistribución de partículas nanoscópicas que forman a la sustancia y además que habrá una conservación de las mismas. Más no de la(s) sustancia(s).

Con este sucinto panorama se muestra y se insiste en la gran relevancia que tiene el que los alumnos conceptualicen sustancia antes de introducirlos a conceptos más complejos y abstractos que se sitúan en la disciplina y además para arribar en la razón de ser de la química: *reacción química*.

La segunda definición menciona un concepto de suma importancia que va de la mano al de sustancia: composición.

Existe la posibilidad de que el alumno le atribuya cierto significado a este, no obstante Sosa hace una precisión del mismo entre composición sustancial de una mezcla y composición elemental de una sustancia.⁹⁸

En una jerarquía, el concepto de sustancia al ser más general, contiene tanto al concepto de compuesto (sustancia compuesta) como a elemento (sustancia elemental). En la siguiente parte se revisan algunas dificultades en la enseñanza partiendo de algunas definiciones sobre compuesto y elemento.

⁹⁸ Ver Glosario.



<p><i>separar en sustancias más simples por medios químicos</i>¹⁰².</p> <p><i>Son sustancias que sólo contienen una especie de átomos</i>¹⁰³.</p>	<p>sustancia elemental se descomponga en otra sustancia elemental más sencilla por medios químicos como se puede apreciar en obtención de oxígeno a partir de ozono:</p> $2 \text{O}_3 \xrightarrow{h\nu} 3 \text{O}_2$ <p>Esta definición induce a pensar que los átomos son las partículas más pequeñas de las sustancias y, no necesariamente es así. Para el caso de sustancias moleculares, las partículas más pequeñas son las moléculas. Y, en el caso de sustancias reticulares, no hay partículas aisladas estables¹⁰⁵.</p>
---	---

Átomo:

Definición	Comentario
<p><i>Partícula de un cuerpo simple, la más pequeña que conserva las cualidades integras de el.</i>¹⁰⁶</p> <p><i>La partícula más pequeña de un elemento que tiene todas las propiedades de ese elemento</i>¹⁰⁷.</p> <p><i>Son las unidades más pequeñas de una sustancia</i>¹⁰⁸.</p>	<p>Con fines prácticos y pedagógicos el átomo se estudia cómo una entidad aislada y neutra, salvo cuando se introduce el concepto de ion. De los 92 “elementos” registrados en la tabla periódica como naturales, sólo los gases nobles existen como átomos, como entidades aisladas.</p> <p>Por ejemplo, el agua no consiste de átomos sino... ¡de moléculas!, en este caso la entidad más pequeña es una molécula, la cual se repetirá millones de veces según la cantidad de sustancia.</p> <p>Si el cobre consistiera de átomos aislados ¿cómo podríamos explicar su conocidísima propiedad de conducir la electricidad? Esta idea se puede ampliar en Caamaño, A., Maestre, G.¹⁰⁹</p>

¹⁰¹ Ibídem, pp 24

¹⁰² Chang, R. *Química*. Ed. McGraw Hill. 4ª ed. México. **1992**, pp 9

¹⁰³ Spencer, J.N.; Bodner, G.M.; & Rickard, L.H. *Química. Estructura y Dinámica*. Ed. CECSA. México, D. F. **2000**, pp 5

¹⁰⁴ Linares, R* Elemento, átomo y sustancia simple. Diferentes lecturas de la tabla periódica. *Enseñanza de las Ciencias*, **2005**. Número extra. VII Congreso.

¹⁰⁵ Sosa, P. De palabras, de conceptos y de orden. *Educación química*. **1999**, 10 (1), 58-59

¹⁰⁶ Diccionario de uso del español. Moliner, María. Edit. Gredos. 2da ed. Madrid, España. **2002**, pp 295

¹⁰⁷ Spencer, J.N.; Bodner, G.M.; & Rickard, L.H. *Química. Estructura y Dinámica*. Ed. CECSA. México, D. F. **2000**, pp 5 ya lo habías puesto ¿por qué no usas “obra citada” y alguna indicación de la obra a la que se refiere en vez de poner toda la cita?

¹⁰⁸ Chang, R. *Química*. Ed. McGraw Hill. 4ª ed. México. **1992**, pp 9

¹⁰⁹ Camaño, A.; Mayos, C.; et al. Consideraciones sobre algunos errores conceptuales en el aprendizaje de la química en el bachillerato. *Enseñanza de las ciencias*. **1982**, pp 199



Partícula

Definición	Comentario
<p>(Del lat. partícula). I. f. Parte pequeña de materia¹¹⁰.</p>	<p>Esta palabra, se sitúa en contextos cotidianos. Una definición como tal no aparece en los libros consultados, salvo como partículas alfa o beta, etc. Por ello se recurrió a una fuente que la define así.</p> <p>Esta definición es muy general y relativamente sencilla, es probable que para el alumno sí signifique algo cuando se le refiera a “parte”.</p> <p>Sosa sugiere agregar el adjetivo <i>química</i>¹¹¹ para referirse específicamente a las partículas de importancia química, es decir las que tienen que ver con esta rama de la ciencia. Así define <i>partículas químicas</i> de la siguiente manera: <i>Son las pequeñas unidades que integran a una sustancia y pueden ser: iones, moléculas o átomos</i>¹¹².</p> <p>Justamente para hacer la distinción, es conveniente decirle al alumno que se puede hablar de partículas desde el punto de vista de escalas: partículas de polvo (macroscópico) hasta partículas atómicas (nanoscópico).</p>

Este breve panorama deja constancia de que en ocasiones las definiciones poseen sus alcances y limitaciones. Para un químico experto, es muy probable que las entienda y que incluso perciba alguna imprecisión, y no pasa nada!, pero para un alumno que comienza a conocer un lenguaje científico específico de una disciplina probablemente por sí sólo no le dirán algo ciertos conceptos y quizás la definición será grabada. Por ello conviene que el docente consciente de esta problemática diseñe estrategias que orienten y fomenten una negociación de significados con los alumnos para evitar la memorización de las mismas.

Borsese asegura que en el lenguaje científico los conceptos se encuentran *congelados* dentro de las definiciones. Es decir si en una determinada definición aparecen términos carentes de significado, para quien la usa, este sencillamente pasa inadvertido dentro de la estructura cognitiva del sujeto. Al

¹¹⁰ Diccionario de la lengua española (<http://www.rae.es>)

¹¹¹ En adelante la frase “partículas de importancia química” se sustituirá por “partículas químicas”.

¹¹² Sosa, P. *Buscando coherencia en la estructura básica de la química. Una propuesta pedagógica*. VII Congreso Internacional sobre la Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Granada, España. **9 de septiembre de 2005**



no comprender la definición la tendencia será memorizar por miedo a mostrar no haber comprendido dicha definición.

Cada palabra perteneciente a una definición encierra una riqueza de otros conceptos relacionados, que a su vez se remiten a otros más, por ejemplo, *electronegatividad*. Un experto pensará enseguida en radio atómico, afinidad electrónica, electrones, etc. Para un alumno (novato) electronegatividad no le dice nada. Por tanto, es casi seguro que pasará desapercibida en su pensamiento. Es probable que sea consciente que se trata de un concepto importante. En el mejor de los casos intentará deducir su significado con ayuda de herramientas que el mismo posea, desde las cognitivas que ya tiene establecidas en su estructura hasta las que utilice su profesor para que logre atribuirle algún significado.

Ello implicaría que el alumno estuviera en posibilidad de organizar redes conceptuales de la disciplina y comprenda cada concepto involucrado en una definición. De esta manera, es probable que logre aprender de manera significativa el concepto que se está definiendo. El lenguaje en la enseñanza de una ciencia como la química no se escapa de la herencia que trae consigo la interpretación, traducción e imprecisión histórica que se manifiesta en los libros. Y, ¿por qué no decirlo?, también en el ámbito verbal.



Lenguaje en la enseñanza de la química

*Una palabra es un microcosmos
de conciencia humana¹¹³.*

Los apartados anteriores mostraron un cuadro muy general respecto al desarrollo y evolución del lenguaje, así como sus implicaciones. Por otro lado se ha destacado la importancia de las comunidades científicas y los organismos encargados de regular el lenguaje científico, quienes al hacerlo tienen que considerar el gran avance de la ciencia y como consecuencia la evolución de un gran número de conceptos correspondientes a éste ámbito

Suena paradójico pensar que los alumnos tengan que apropiarse en un tiempo muy corto, de conceptos que a la humanidad le ha tomado miles de años construirlos. Aunado a la idea de que los significados van cambiando, como ha ocurrido en el caso de la química en la que su aprendizaje se vuelve aún más complicado cuando ciertos conceptos del lenguaje cotidiano expresan la misma idea o cuando una idea es expresada por un solo concepto.

El lenguaje científico, como lo señala Gutiérrez¹¹⁴, también se ha formado a partir de términos comunes, sólo que a éstos se les ha asignado un significado más especializado. Este hecho puede generar algunos problemas en el aprendizaje al inducir la formación de ideas alternativas en los alumnos, como ocurrió con el concepto de sustancia.

Lahore, citando a otros autores como Cassirer y Wilhem von Humboldt señala que:

[...] el lenguaje no sólo es un requisito indispensable para la adquisición del conocimiento, sino que también puede constituir un impedimento, dada la relación entre pensamiento y lenguaje; el conocimiento de un lenguaje extraño es mucho más que el mero aprendizaje de etiquetas nuevas para conceptos conocidos; implica la

¹¹³ Vygotsky, L. Pensamiento y lenguaje. Teoría del desarrollo cultural de las funciones psíquicas. Edic. Quinto Sol. México D. F. **1992**, pp 197-198.

¹¹⁴ Gutiérrez, B. *La ciencia empieza en la palabra*. Península. Barcelona, España. **1998**, pp 104.



*adquisición de un nuevo sistema semántico y de un nuevo modo de pensar y de ver la realidad. En nuestro caso, el lenguaje extraño es el lenguaje científico que queremos enseñar a los alumnos*¹¹⁵.

En la enseñanza de la química no sólo se pretende que aprendan y comprendan conceptos, también se procura que aprendan a ver de diferente manera los fenómenos que los rodean, que encuentren explicaciones para éstos. Pero para ello es imprescindible la adquisición de un nuevo lenguaje que en la medida de lo posible cumple con las características ya establecidas.

Córdova en su artículo, *El lenguaje de la química*¹¹⁶, reconoce que cada término tiene un significado de acuerdo al contexto. Cuántas veces no hemos escuchado decir que el agua es un “recurso elemental”, frase que destaca que el agua es indispensable para la vida. En el ámbito de la química, en un contexto escolar, por ejemplo, la palabra *elemental* se relaciona con el concepto *elemento*. Los químicos identifican al agua (H₂O) como un compuesto, no como un elemento. Para este caso, un mismo término tiene significados distintos en contextos diferentes. Este ejemplo apoya la idea de que en las clases de ciencias conviven términos que corresponden al lenguaje ordinario y otros que pertenecen al ámbito científico.

Otro ejemplo de discontinuidad en el lenguaje dentro del aula, sucede cuando un docente emite una sentencia con una riqueza de términos específicos de la disciplina, existe la probabilidad de que el alumno no encuentre el contexto para la interpretación de la información que expuso el docente. No obstante, siguen el discurso del profesor sin incorporar a sus estructuras mentales tales significados. En el aula, es imprescindible aclarar a los alumnos estas diferencias que existen entre el lenguaje científico y el ordinario así como la importancia del contexto en el que se plantea determinado término.

¿Qué significado le atribuye un estudiante a un concepto dado? A menudo, no es el que el docente intentó comunicarle. El adolescente construye sus propias ideas sobre el concepto, éstas difícilmente coinciden con las que los científicos han construido histórica, colectiva y profesionalmente. Esto

¹¹⁵ Lahore, A. Lenguaje literal y connotado en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* Barcelona; **1993**, 11 (1), pp. 61.

¹¹⁶ Córdova, F. El lenguaje de la química. *Contactos*. **1999**, 32.



trae como resultado serios problemas en la enseñanza. Por lo pronto, si entienden cosas distintas por un mismo concepto, docente y alumno simplemente no se van a comunicar.

Las palabras nuevas que el alumno no relacione con algún conocimiento adquirido anteriormente, es probable que no le atribuya algún significado y se reduzcan a un sonido o a una grafía. Sobre esta afirmación, Borsese señala que no se trata de imponer un elemento lingüístico, sino más bien que éste se desarrolle y contextualice según las necesidades comunicativas del pensamiento de los alumnos.

Sobre lo anterior, Galagovsky y colaboradores realizaron una investigación que consistió en averiguar cómo se comunican los maestros de ciencias con sus alumnos dentro de las aulas. Detectaron la existencia de un *vaciamiento discursivo*¹¹⁷ (diferente a un *malentendido*). Destacaron en sus resultados actitudes tanto de docentes como de alumnos catalogadas como: Hacer como *si los alumnos entendieran, un diálogo de sordos y una negociación de poder*. De acuerdo con sus observaciones, describieron las fallas del lenguaje en cuanto a su función y las describieron en tres categorías:

- a- Cuando el lenguaje específico de cierta disciplina presenta polisemia, ambigüedad y una riqueza connotada del lenguaje ordinario surgen muchas interpretaciones y en este sentido confusiones.
- b- Se presenta cuando los contenidos de la disciplina poseen un alto grado de abstracción. La manipulación lingüística es complicada para el alumno.
- c- Cuando el contenido disciplinar esta desnaturalizado.

Para este grupo de trabajo, estas tres categorías conducen al vaciamiento de significados, y promueven una ruptura en la comunicación dentro del aula. Los términos específicos no tienen un referente a una imagen mental, lo que provoca una simulación de: *hacer como que se enseña y de*

¹¹⁷ Entendido como una desnaturalización de la función del lenguaje como sustento de los contenidos disciplinarios específicos, sin perjuicio de otras funciones explícitas u ocultas. Galagovsky, L.; Bonán, L.; Adúriz, B. Problemas con el lenguaje científico en la escuela. Un análisis desde la observación de clase de ciencias naturales. *Enseñanza de las ciencias*. 1998, 16 (2), 315.



hacer como que se aprende. Dinámica bautizada por Cañal y Pórtland¹¹⁸ como: *El modelo de enseñanza-ficción*.

Además de la discontinuidad de la comunicación ya sea por las categorías antes mencionadas, también ocurre que en el aula, pocas veces se le ha dado la importancia que tiene la relación entre lenguaje ordinario y científico. Hay poco interés por atenuar la polisemia del lenguaje, aunque cabe la posibilidad que incluso no se ha pensado en ella.

Otras investigaciones (Llorens, M., Llopis, C. De Jaime, M.)¹¹⁹ han mostrado la necesidad de un mayor apoyo en el lenguaje ordinario. Es decir buscar palabras que sean más significativas para el alumno. El apoyo que los docentes pueden dar a esta problemática es fortalecer ese vínculo de significados nuevos con los significados ya edificados. Se debe partir de un lenguaje conocido, de términos ordinarios, puesto que el lenguaje se convierte dentro de este proceso, en un factor trascendental al permitir reorganizar procesos cognitivos en el sujeto. Así lo mencionan Gómez y Sanmartí:

Cuando algunos alumnos no adelantan en el campo de la ciencia, a menudo no se debe tanto a su falta de capacidad, o a la dificultad de la materia, como al hecho de que la manera en que se les presenta les resulta demasiado desconocida o demasiado diferente de lo que saben, y entonces no alcanzan a encontrarle interés ni valor. Las palabras y las formas lingüísticas no tienen significado para ellos y la ciencia les parece un conocimiento secreto, sólo comprensible para los científicos¹²⁰.

Por su parte, la tarea de los estudiantes es organizar y relacionar una gran cantidad de conceptos que aprenden o conocen. Los primeros encuentros con la ciencia generan gran frustración, ya que los alumnos la entienden muy poco pues su pensamiento es concreto. *No habrá aprendizaje*

¹¹⁸ Cañal, P.; Porlán, R. Una experiencia de aprendizaje por investigación directa del medio en la formación de maestros. *Revista de educación*. **1987**, 284, pp 273.

¹¹⁹ Llorens, M. J., Llopis, C. R. El uso de la terminología científica en los alumnos que comienzan el estudio de la química en la enseñanza media. Una propuesta metodológica para su análisis. *Enseñanza de las ciencias*. **1987**, 5 (1), 33-40. De Jaime, M.C.; Llopis, R. y Llorens, J.A. Lenguaje y adquisición de conceptos químicos. Un punto de vista semántico. *Enseñanza de las ciencias*, **1987**, Num. Extra, 239-240.

¹²⁰ Gómez-Moliné, R.; Sanmartí, N. Reflexiones sobre el lenguaje de la ciencia y el aprendizaje. *Educación química*. **2000**, 11(2). pp 270.



*significativo*¹²¹ hasta que los hechos químicos no puedan ser presentados de una forma operativa. La primera fuente motivadora interna es la realidad del fenómeno químico¹²².

Los estudiantes van construyendo sus propios significados de acuerdo a las estructuras cognitivas que poseen, seleccionan aquella información que logran conectar con otros conocimientos ya adquiridos anteriormente. Sin embargo, existen otros factores no menos importantes que interfieren en la comprensión de conceptos. Uno de ellos es el vínculo que existe con el docente, específicamente en la forma en la que éste comunica la información que el alumno deberá procesar para formar sus propios significados, incluyendo su contexto. Cada individuo reestructurará de diferente manera la información, ya que cada uno posee una experiencia de vida diferente y por lo tanto conocimientos diferentes sobre los cuales se fincará lo más recientemente aprendido.

El problema es creer que los estudiantes comprenden este lenguaje específico. Las relaciones que pudieran hacer entre términos son mínimas y muchas veces confusas, fomentando de esa forma concepciones alternativas. Vygotsky en sus aportaciones sobre el desarrollo intelectual del adolescente, señala que:

*Solamente el dominio de la abstracción combinado con el pensamiento complejo*¹²³ avanzado, permite al adolescente progresar en la formación de los conceptos genuinos. Un concepto emerge solamente cuando los rasgos abstraídos son sintetizados nuevamente y la síntesis abstracta resultante se convierte en el instrumento principal del pensamiento. El papel decisivo en este proceso, lo juega la palabra, usada deliberadamente para dirigir todos los procesos de la formación del concepto avanzado¹²⁴.

¹²¹ Los alumnos van construyendo estructuras mentales de acuerdo a sus propios esquemas cognitivos. El modelo de Ausubel-Novak (Novak, 1982) define aprendizaje significativo como aquél en que los conceptos se encuentran jerárquicamente organizados en la estructura cognitiva de un sujeto y advierte que, si los conceptos vertidos en clase no hallan vinculación con conceptos inclusores existentes en la estructura cognitiva de los alumnos- porque no existen o están subsumidos-. El aprendizaje que se producirá será de tipo memorístico. Galagovsky, L.; Muñoz, J. La distancia entre aprender palabras y aprehender conceptos. El entramado de palabras-concepto (EPC) como un nuevo instrumento para la investigación. Enseñanza de las ciencias. **2002**, 20 (1), pp 31.

¹²² Pómez, R. La química y el desarrollo cognitivo. *Enseñanza de las ciencias*. **1987**, Num. Extra, pp 282.

¹²³ Pensamiento complejo como una etapa en el desarrollo del pensamiento verbal.

¹²⁴ Vygotsky, L. Pensamiento y lenguaje. Teoría del desarrollo cultural de las funciones psíquicas. Edic. Quinto Sol. México D. F. **1992**, pp 90.



Los alumnos tienen que adquirir un lenguaje específico, manejar términos nuevos que poco a poco irán estructurando a lo largo de su vida académica. Lahore afirma que el reto dentro del aprendizaje de las ciencias es:

[...] la adquisición del lenguaje científico por parte del alumno, implica no sólo la adquisición de nuevas palabras, sino la transición a un nuevo modo de pensar y de ver la realidad, a través de un nuevo sistema semántico¹²⁵.

La química, posee su propio lenguaje, un lenguaje específico que incluye además una simbología definida. Por ello la terminología que emplean los químicos debe ser sumamente precisa para no incurrir en errores o confusiones.

Se ha minimizado la importancia que tiene el lenguaje que emplean los docentes en la enseñanza de esta ciencia. Córdova, en algunas de sus reflexiones acerca de esta situación pone en evidencia cómo se utilizan ciertas expresiones de manera inadecuada en el salón de clases:

Los siguientes son algunos ejemplos de expresiones comunes en clases, textos y artículos de química:

“Subió el termómetro”

“El equilibrio se desplaza a la derecha”

“El electrón es una partícula con carga negativa”

“El mol sirve para contar el número de partículas”

Es claro que decir: “sube el termómetro” significa “aumenta la temperatura”. Si decimos “el electrón es una partícula”, no lo es, por cierto, como un grano de arena.

“El mol sirve para contar el número de partículas” pero no es un “contar como el contar monedas donde se establecen correspondencias entre objetos y números¹²⁶”.

Para Córdova, uno de los ideales del lenguaje se refiere a que a cada símbolo corresponda a un solo concepto y en consecuencia, que a cada concepto corresponda un símbolo. Concluye en su artículo, ya mencionado, de la siguiente manera: *la investigación y la docencia implican dominio de lenguajes: cotidiano, matemático, químico, diagramático, gestual, etcétera. Estos lenguajes*

¹²⁵ Lahore, A. Lenguaje literal y connotado en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* Barcelona; **1993**, 11 (1), pp. 61.

¹²⁶ Córdova, F. El lenguaje de la química. *Contactos*. **1999**, 32, pp 59.



*implican orden, proporción, muestra y simetría. Pero también implican belleza, imaginación y creatividad. Como el arte.*¹²⁷

Algunos autores como Borsese y Galagovsky señalan en sus artículos, ya mencionados, a modo de conclusión algunas recomendaciones que pudieran considerarse para minimizarse algunos de los problemas presentados. Parafraseando a estos autores se sugiere:

-La comunicación entre alumno y docente debe estar condicionada a que éste último conozca de antemano y con precisión, los requisitos necesarios que deben poseer los alumnos para que comprendan e interpreten la información que se genere en el aula. De esta manera integrarán los conocimientos a su estructura cognitiva.

-El docente está frente al apremio didáctico y esencialmente se le sugiere fomentar la comunicación con actitudes positivas hacia los estudiantes como: *orientar sin imponer, estimular, alentar, referirse a los intereses del interlocutor, tener en cuenta sus necesidades, sus motivaciones, esforzarse por entender y hacerse entender, demostrar aceptación, no manipular, no mistificar, etc.*¹²⁸

-Al docente le corresponde otorgarle al lenguaje la importancia que se merece en el aula, ya que finalmente *es el único medio por el que puede inferir los modelos de pensamiento del alumno*¹²⁹. Por ello, sería importante reflexionar sobre la función que realiza en el proceso de enseñanza aprendizaje, analizar las dificultades que giran en torno a él durante ese proceso. Sería conveniente que participara en la búsqueda de soluciones que atiendan la mejora de la eficacia comunicativa.

¹²⁷ *Ibíd*em, pp 63.

¹²⁸ Borsese, A. Comunicación, lenguaje y enseñanza. *Educación química*. **2000**, 11 (2), pp 221.

¹²⁹ Córdova, F. Esquemas de resolución de problemas de química general. Aspectos gramaticales, lógicos y matemáticos. Tesis de Doctorado. Departamento de química. UAM-I. **1995**: 2.



Propuesta teórica disciplinaria

*Todo cambio es riesgo.
Pero estancarse es morir. JLCF*

La propuesta que se presentará a continuación forma parte de una serie de ideas que Sosa P. ha vertido en algunos de sus artículos y trabajos presentados en diversos foros. Todos estos giran torno a una idea que él le ha nombrado: *En busca de un poco de coherencia*.

La crítica que envuelve esa idea surge a partir de un análisis que él realiza sobre cómo se enseñan los conceptos en una disciplina tan abstracta como la química que posee por un lado un lenguaje científico propio de ella, otro que comparte con otras disciplinas, y un lenguaje cotidiano que emplean los alumnos inmersos en los otros dos. Aunque los docentes lo nieguen, en el aula constantemente se da una negociación con respecto al lenguaje científico y el cotidiano, acción que ocurre también con el propio adolescente quien se encuentra en la búsqueda de su identidad en un intento de encontrar la diferencia dentro de la igualdad con sus pares y en contra de lo establecido y qué más establecido y “duro” que el lenguaje científico.

Por ello la propuesta presenta dos vertientes: una que considera partir del lenguaje del estudiante para que poco a poco se conduzca al alumno al lenguaje químico, y otra en la que se le da funcionalidad a los conceptos partiendo de lo anterior.

Si se analizan algunas definiciones tradicionales es posible detectar palabras *congeladas* para el alumno, así lo refiere Borsese; sólo se consolida el significado de las palabras, si existe una conexión de ésta con los conocimientos ya adquiridos, si no se da ese proceso es probable que se escuchen o se lean palabras vacías. Este panorama logra la simple memorización de las definiciones para poder aprobar el curso, sin que exista la reflexión y análisis de las mismas.

Para Sosa, muchas de las definiciones de la disciplina ¡simplemente no definen! Toma como referencia a W. B. Jensen (1998), quien afirma que: *en tres publicaciones consecutivas, ha presentado un elegante cuestionamiento sobre si de verdad la química tiene una estructura lógica*. De lo anterior resulta, una presentación alternativa de propuesta didáctica *construida desde un punto*



de vista pedagógico basada en “nuevas” definiciones que le den coherencia y funcionalidad a los cimientos de la química¹³⁰.

De acuerdo a las ideas de Ausubel, este enfoque no implica que los alumnos memoricen las definiciones propuestas, aún cuando las definiciones se han planteado se pretende que las actividades, que se ubican en la secuencia didáctica, permitan la construcción de las definiciones (propuestas) obviamente con la orientación del profesor. Para ello es necesario partir de su mundo, de su lenguaje; en el que las palabras nuevas que se integren a su gama de conocimiento logren relacionarse con otras y le atribuyan el significado que se intenta dar.

Sosa considera plantear el cambio desde el origen, es decir desde los conceptos base de la química, que son aquellos que se ubican en lo concreto y que son los que interesan en este trabajo.

La crítica a la forma tradicional de enseñar se presenta a continuación, aunada a la propuesta didáctica:

Parte de algunas definiciones tradicionales como:

**Química es la ciencia que estudia la materia, la energía y sus cambios.*

**La materia es de lo que está hecho todo lo que hay en el universo.*

**La materia se clasifica en mezclas y sustancias puras*

**Las sustancias puras se dividen en compuestos y elementos*

**Las mezclas se pueden separar físicamente en sustancias puras.*

**Los compuestos se pueden separar químicamente en elementos*

**Toda la materia está formada por átomos de diferentes clases, combinados de diversas maneras.*

Considera precisar la definición de química como la que estudia aquellos procesos en los que se forman unas sustancias a partir de otras. Incluso desde esta mirada, ya se enfatiza la idea reacción química, la cual se rescata como el centro de la disciplina.

¹³⁰ Sosa, P. *Buscando coherencia en la estructura básica de la química. Una propuesta pedagógica.* VII Congreso Internacional sobre la Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Granada, España. **9 de septiembre de 2005.**



El argumento para hacer esa precisión radica en la abstracción que encierra el concepto *materia*, el cual a los alumnos les dice mucho y al mismo tiempo no les dice nada. Sosa afirma al respecto lo siguiente:

La expresión “la materia” (así en singular y con el artículo determinado) induce a pensar que todo está hecho de una misma “pasta” y que todas las sustancias y materiales que conocemos o que sabemos que existen no son más que diferentes presentaciones de esa única “pasta” llamada materia. Cuando los alumnos intentan explicar un proceso químico sin hacer alusión a la formación de nuevas sustancias probablemente están pensando en que la materia (la única que hay) se conserva. En los procesos químicos, la masa se conserva pero las sustancias no.

Sobre las mezclas y las sustancias puras. Señala que al parecer la química es la única disciplina que hace uso de la categoría de mezcla y que además se le asigna la misma jerarquía que se le da a las sustancias. Hace hincapié al mostrar que no es necesario hablar de sustancias *puras*, ya que este pleonasma favorece la idea de que existen sustancias impuras.

Dado estas ideas y buscando coherencia en las definiciones así como jerarquía en los conceptos y con un punto de vista pedagógico se le puede decir a un alumno: – Prácticamente todo lo que hay alrededor son materiales, un ejemplo de éstos puede ser el *petróleo*, el cual posee las siguientes características [...] En este material se encuentran varias sustancias mezcladas como [...] y cada una de ellas posee tales características [...] y los siguientes usos [...] etc.–

Este sencillo enunciado va precisando los conceptos involucrados y al mismo tiempo los organiza dándoles una jerarquía entre sí.

Una vez ubicado el concepto de sustancia, el siguiente paso es hacer la distinción entre las compuestas y las elementales, pero ¿cómo distinguir las entre sí? Sosa propone la siguiente idea:

Cada sustancia posee características propias que la distinguen de las demás. Las sustancias consisten de partículas químicas inimaginablemente pequeñas: iones, moléculas y átomos. Se acostumbra representarlas mediante una serie de fragmentos conectados entre sí llamados elementos. Por tanto una sustancia



elemental es aquella cuyas partículas están formadas sólo por fragmentos iguales, es decir, por un solo elemento. Una sustancia compuesta es aquella cuyas partículas están formadas por fragmentos diferentes, es decir, por varios elementos.

Buscando precisión y respondiendo la pregunta antes planteada, Sosa utiliza el concepto de composición para distinguir a ambos tipos de sustancias: la *composición química de una mezcla* indica cuántas sustancias y en qué porcentaje la constituyen. En cambio, la *composición química de una sustancia* indica cuáles y cuántos elementos integran a sus partículas.

Tomando en cuenta las ideas expresadas por Sosa, se presenta un mapa conceptual (fig 1) en el que se jerarquizan y relacionan los conceptos base de la disciplina. El búho, símbolo de la escuela en la que se enseña y practica la química en la UNAM, es utilizado para delimitar dentro del mapa, la parte que corresponde a la química. Esto no significa despreciar los conceptos no incluidos en ella, sino más bien partir de ellos, dado que es lo cotidiano y concreto para el alumno, de esta manera avanzar hacia el corazón de la química: reacción química.

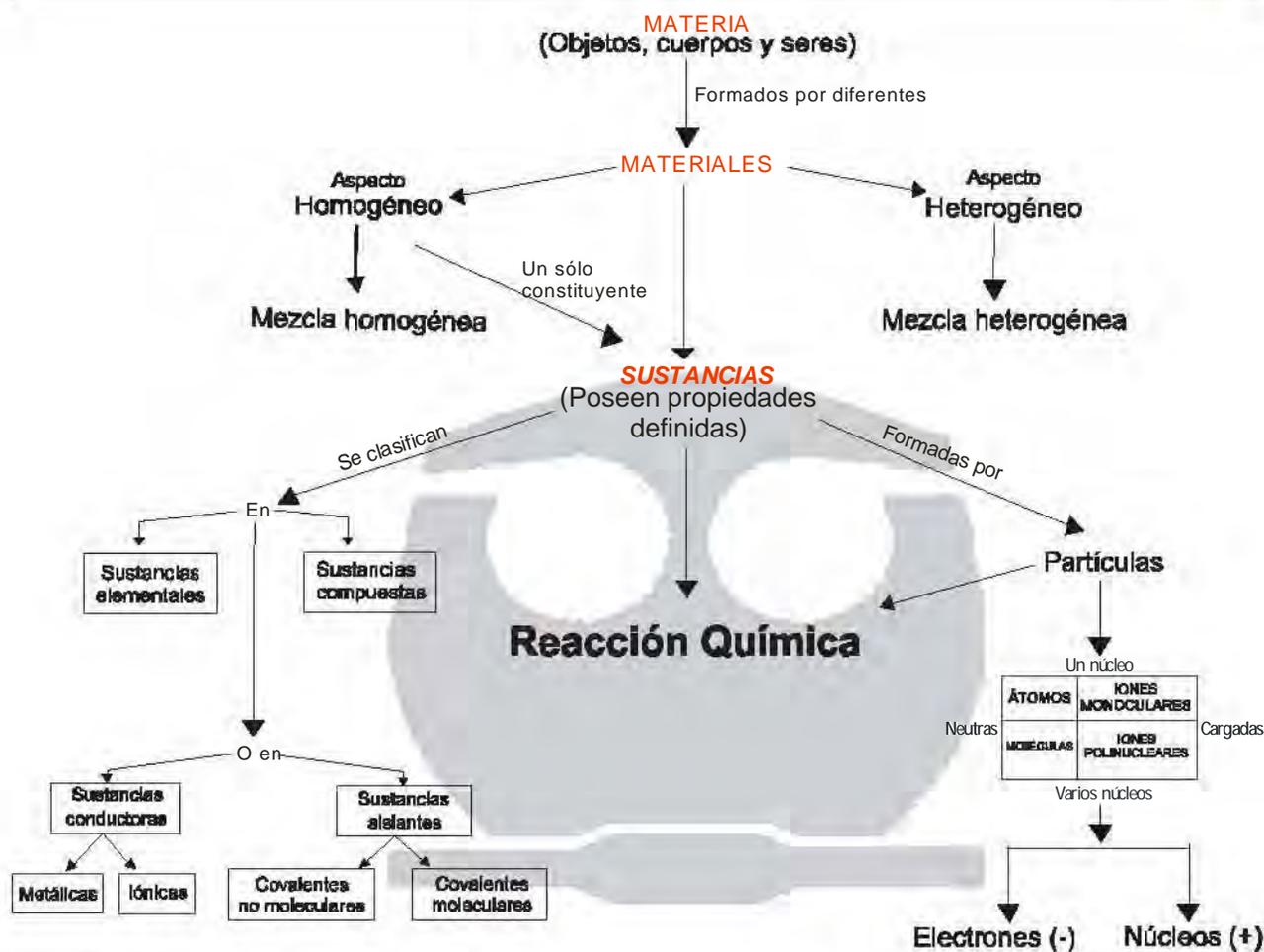


Fig. 1. Mapa que presenta la relación y jerarquía de algunos conceptos básicos de la química.

Conclusiones de la propuesta:

En una búsqueda de darle coherencia a la disciplina, se sugiere para la elaboración de estrategias partir de:

- *lo familiar a lo poco conocido (de objetos y seres a partículas)
- *lo concreto a lo abstracto (de materiales y sustancias a la representación de las partículas en términos de fragmentos mononucleares)
- *lo sensorial a lo invisible (de objetos y materiales a iones, moléculas y átomos).

Continuando con la coherencia entre los conceptos y evitando en la medida de lo posible contradicciones y absurdos se:



- define la *química* en función de la *obtención de nuevas sustancias*
- destaca la *no conservación de las sustancias* en los procesos químicos
- introduce el concepto de *materiales*
- transfiere el énfasis de “*la materia*” a “*los materiales y las sustancias*”
- define *mezcla* como *un material constituido por varias sustancias*
- les da el mismo estatus a las *sustancias compuestas* y a las *elementales* (el de sustancias) nombrándolas con el sustantivo *sustancia* y con los adjetivos correspondientes
- propone denominaciones distintas para los conceptos *sustancia elemental* y *elemento*
- define *elemento* como *un fragmento (mononuclear neutro) en las partículas*
- distingue la *composición (sustancial) de las mezclas* de la *composición (elemental) de las sustancias*
- definen las *sustancias compuestas* y las *sustancias elementales* en función de su composición elemental.

En el siguiente apartado se complementa la propuesta teórica disciplinaria con una propuesta de secuencia didáctica a presentar.



Secuencia Didáctica

El asunto de la educación es un problema multifactorial. En ese sentido, no basta con cambiar las definiciones, ni el orden de los conceptos ni el énfasis relativo que se le dé a cada uno. Un ejercicio educativo exitoso implica considerar muchos aspectos. Por lo menos los siguientes:

- Dar las condiciones para que el alumno ordene y refresque aquellas ideas que ya posee y que pudieran estar relacionadas con el nuevo tema.
- Considerar lo que el alumno concibe previamente sobre el tema que va aprender.
- Tener presente cuáles son los dos o tres conceptos indispensables del tema.
- Tener claro cuáles ideas son prescindibles y sí sólo están ahí para apoyar la asimilación de las más importantes.
- Que el contenido sea accesible, coherente e inteligible.
- Que se presenten y estudien por niveles de dificultad.
- Que la presentación de las ideas vaya en los siguientes sentidos:
 - De lo familiar a lo desconocido
 - De lo concreto a lo abstracto
 - De lo fácil a lo difícil
- Ubicar el tema dentro de un contexto familiar para el alumno: relación con la vida cotidiana, historia, impacto económico, etcétera.
- Dar las condiciones para que el alumno use y opere los nuevos conceptos.
- Dar las condiciones para que el alumno conecte los conceptos del tema con otros de ámbitos distintos.
- Dar el tiempo y la oportunidad para que el alumno repase (y aborde desde distintos puntos de vista) los nuevos conceptos.

Un conjunto de actividades coordinadas, diseñadas *ex profeso* para la enseñanza y el aprendizaje de un tema específico es la idea que está detrás del concepto de *Secuencia Didáctica*. Para elaborarla es necesario hacer una serie de consideraciones. La primera y quizás la más importante es partir de la reflexión y considerar lo siguiente:

a. La importancia científica del tema y la incidencia que tiene respecto al resto del curso, así como su opinión sobre los contenidos que debe abarcar la enseñanza.



- b. La utilidad y valoración social del tópico elegido
- c. La adaptación a los alumnos con los que se va a trabajar
- d. El método de trabajo que se va a emplear en el aula: solapamiento o separación del trabajo teórico y el trabajo práctico, formas de acceso a la información por parte de los alumnos, sistemas de comunicación entre los alumnos, entre el profesor y los alumnos, etc.
- e. Cómo debe organizarse el tema
- f. La función de la evaluación.¹³¹

Es necesario señalar un inciso más: tomar en cuenta las concepciones alternativas¹³² de los alumnos, que de acuerdo a Wandersee, *et al*¹³³ son sus explicaciones basadas en la experiencia que ha tenido tanto en su vida cotidiana como en la académica. El hecho de considerarlas implica tener respeto intelectual al estudiante, quien posee sus propias ideas que le han funcionado hasta ese momento. Las concepciones alternativas no sólo son válidas y racionales sino que a partir de ellas se pueden construir concepciones más cercanas a las científicas. Tener presente las concepciones de los alumnos permitirá al docente planear alguna actividad o estrategia que considere esos *conceptos de anclaje* que le servirán como apoyo para lograr nuevos aprendizajes

Retomando a la secuencia didáctica, la presentación la da el título. Éste debe ser atractivo pero al mismo tiempo debe dar una idea del propósito que persigue la unidad así como los contenidos a tratar.

Los propósitos que persigue la secuencia y cada actividad los debe tener presente el profesor. Para ello, es conveniente que se tenga una idea guía o un eje rector, sobre la cual se basarán las actividades a realizar. Esta idea guía será la que orientará el trabajo, y no es más que tener claro qué se quiere lograr o a qué aprendizajes se pretenden obtener con la secuencia didáctica

Dentro de las recomendaciones que se sugieren para presentar la secuencia didáctica, se encuentran las siguientes: no hay que dar a los alumnos la impresión de que la secuencia está completamente cerrada, propiciar ampliamente la participación de ellos para que la misma se desarrolle.

¹³¹ Fernández, G.; Elortegui, E.; Moreno, J.; Rodríguez, G. *¿Cómo hacer unidades didácticas innovadoras?* Díada Editora. Sevilla, España. 1999, pp 36.

¹³² También llamadas: ideas previas, ideas de los niños, preconceptos, concepciones erróneas [...] actualmente el que más se usa es concepciones alternativas.

¹³³ Wandersee, J. H.; Mintzes, J. J.; Novak, J. D. *Handbook of research in Science Teaching and learning. Cap 5 Research on alternative conceptions in science.* Mac Millan. New York. 1994, pp 177-210.



Fernández¹³⁴ sugiere que: *La impresión de que no todo está definido se logra, en parte, manteniendo el “suspense”, es decir, no haciéndoles saber desde el principio cuál es la solución mejor al problema planteado.*

Al terminar la secuencia, es necesario concluir. La conclusión -en cuya construcción participan también los estudiantes- debe ser guiada por el profesor. Es importante que los alumnos logren visualizar alguna aplicación al respecto, el contexto es importante para lograr ese propósito.

Más adelante se presenta el diseño de la secuencia didáctica que acompaña la enseñanza de los conceptos que se han trabajado bajo el enfoque propuesto en la sección anterior. Consta de 5 sesiones de 2 horas de duración cada una. En la tabla 2, se muestra cada actividad y su nivel cognitivo según la taxonomía De Block¹³⁵.

Los niveles cognitivos

Landsheere en su obra *Objetivos de la educación*, señala que dentro del terreno cognoscitivo se han presentado diversas taxonomías para graduar el aprendizaje. Una de ellas, la De Block parece ser la más coherente con este trabajo, según estos autores, deriva de un interés pedagógico, ya que se dedica al aprendizaje y no se limita sólo a considerar aspectos cognoscitivos. Lo bondadoso del modelo radica en la integración de los dominios cognoscitivo, afectivo y psicomotor.

Los autores detallan que la taxonomía De Block estima que la enseñanza persigue objetivos en tres direcciones:

- I. *Del aprendizaje parcial al aprendizaje más integral. Se busca la comprensión más bien que el saber; se pretende el poder en el alumno, la integración. (actitudes)*
- II. *Del aprendizaje limitado al aprendizaje fundamental. Los hechos pasan a segundo plano; son los conceptos y los métodos lo que interesa. (contenidos)*

¹³⁴ Fernández, G.; Elortegui, E.; Moreno, J.; Rodríguez, G. *¿Cómo hacer unidades didácticas innovadoras?* Díada editora. Sevilla, España. **1999**, pp 50.

¹³⁵ Landsheere, Viviane y Gilbert. *Objetivos de la educación*. Barcelona, España. Edit. Oikos-Tau. **1977**.



- III. *Del aprendizaje especial al aprendizaje general. Hay que aprender a pensar de forma productiva más bien que reproductiva, aprender a tomar iniciativas, a saber adaptarse (perspectiva del alumno)*¹³⁶.

Este modelo taxonómico se pensó para la práctica de la enseñanza, sin embargo, dentro de los límites de la taxonomía se refieren a los de evaluación, ya que no involucra criterios para determinar si se alcanzaron los propósitos planteados.

Se pensó pertinente presentar el modelo tridimensional De Block (fig 2), para facilitarle al lector la clasificación de los niveles cognitivos de la secuencia didáctica a presentar:

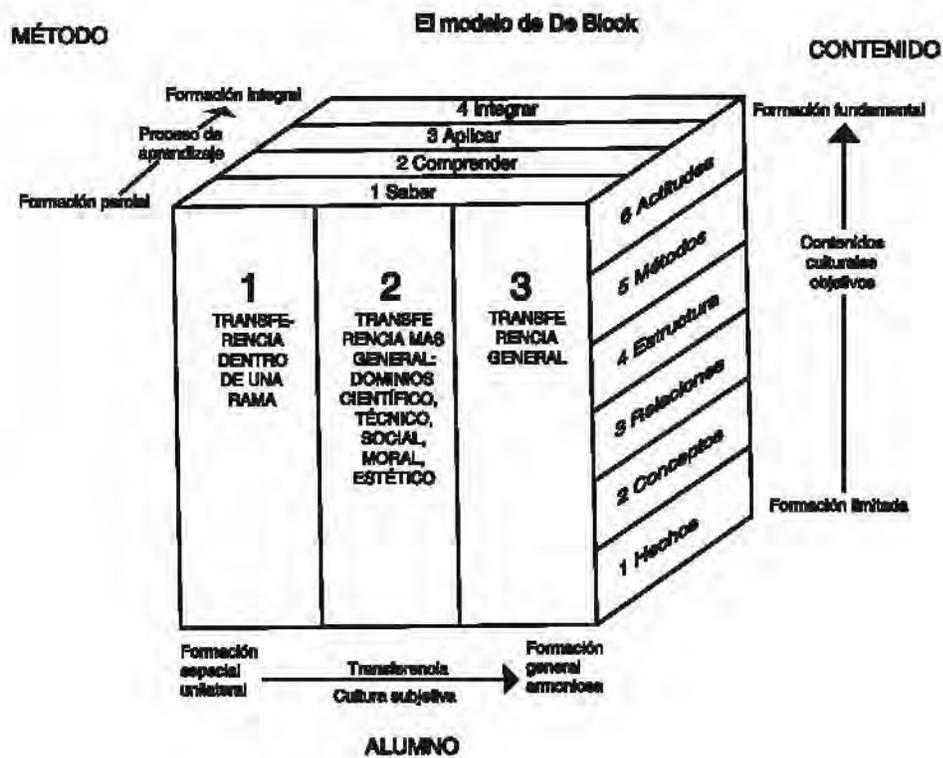


Fig. 2 Modelo tridimensional De Block para clasificar los niveles cognitivos.

Las combinaciones que se forman son de acuerdo al siguiente orden: contenido, alumno y método.

¹³⁶ Ibídem, pp133-137.



Tabla 2. Tiempos y actividades de la secuencia didáctica

Día (2h)	Actividad	Nivel cognitivo	Propósitos según De Block
0°	Presentación del curso ¿Qué tanto sé?	211	Saber conceptos dentro de una rama.
1°	A1: La ciencia no es como la pintan A2: En busca de la identidad perdida	322 211	Comprender la relación que existe entre la ciencia y la sociedad. Saber conceptos dentro de una misma rama.
2°	A3: Pero... ¿Qué son los materiales y las sustancias?	322	Comprender la relación entre los conceptos “material y sustancia”.
3°	A4: Exposición de la propuesta	312	Comprender la relación de los conceptos base dentro de la disciplina: Sustancia, sustancia elemental, sustancia compuesta
4°	A5: ¿Qué es y para qué sirve?	323	Comprender la relación entre las sustancias y el uso que se le da a éstas.
5°	A6: El laboratorio de análisis químico A7: Integración conceptual	534 534	Integrar lo aprendido y emplear una metodología para resolver un problema planeado. Con una metodología integrar los conceptos abordados dentro de la disciplina y fuera de ella (contexto cotidiano)



Los niveles cognitivos en los que están clasificados cada una de las actividades son los siguientes:

Al inicio de la secuencia el alumno mostrará su capacidad para recordar conocimientos ya adquiridos anteriormente: como conceptos y definiciones propias de una disciplina como la química, además de realizar representaciones abstractas. Se aplicará un instrumento propuesto como una forma de diagnóstico. Esta actividad está ubicada en el nivel 211 de acuerdo a la taxonomía propuesta por De Block.

La A1 se ubica en el nivel 322 ya que el alumno mostrará su capacidad para comprender la relación de la actividad científica con la sociedad, por tanto se pretende lograr una transferencia general entre diferentes dominios (ciencia y sociedad) mediante la descripción y explicación de situaciones reales y análogas de la actividad científica. El alumno hará deducciones a partir de las mismas y transferirá lo asimilado a otras situaciones de la vida cotidiana. Será capaz de caracterizar a la Ciencia.

La A2 esta ubicada en el nivel 211 de acuerdo a De Block, ya que los propósitos que se persiguen son la comprensión y diferenciación de algunos conceptos básicos propios de la química. Los alumnos serán capaces de discutir con base a su criterio la situación presentada por el profesor, para que de esta manera se elabore una primera conclusión con todo el grupo.

La A3 producto de la actividad anterior, tiene como propósito acercar a los alumnos a conocer sustancias y materiales con los que conviven cotidianamente. Mediante la observación y descripción de diferentes materiales serán capaces de relacionar y comprender conceptos ubicados tanto en el contexto de la química como en el contexto cotidiano. Es por ello que la actividad se ubica en un nivel 322.

La A4 se sitúa en un nivel 312, actividad en la que el profesor presentará a los alumnos la propuesta de Sosa, siguiendo la misma dinámica en general que se presentó en las anteriores actividades, en la que los alumnos participarán activamente en dicha presentación. La idea central es que el alumno comprenda la relación de los conceptos base dentro de la disciplina y les de un orden jerárquico.



La secuencia comprende otras actividades, entre ellas la A5, la cual se ubica dentro del nivel 323 ya que se sugiere que los alumnos realicen una investigación, en la que mostrarán su capacidad para buscar y seleccionar información que les sea útil, así como presentarla al grupo y hacer uso de ella cuando sea conveniente. La investigación será relacionada con la actividad siguiente y al mismo tiempo con su entorno cotidiano.

La A6 requiere habilidades de indagación y resolución de problemas, está situada en un nivel 534, ya que al alumno se le presenta un problema, que tendrá que analizar y discutir con sus compañeros de equipo, tendrá que dar una respuesta y argumentarla. En esta actividad cada equipo empleará la metodología que acuerden entre sí, integrando los conocimientos ya adquiridos anteriormente, además de mostrar actitudes y habilidades para resolver el problema planteado.

La A7, poseen un nivel similar a la A6, ya que es la culminación de la secuencia y en ella se integraran prácticamente todos los conceptos, habilidades y actitudes que promueve la secuencia.

Contexto en el aula al inicio del curso.

Por razones operativas, se sugiere que la secuencia didáctica se aplique al inicio del curso. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que esta situación presenta algunas desventajas como: los alumnos apenas se conocen, por tanto la integración del grupo es mínima.

Por ello, el trabajo en equipo así como las discusiones las promoverá el profesor para que éstas sean lo más fructíferas.



¿Qué tanto sé?

Propósito

El propósito de esta primera parte de la secuencia es conocer las concepciones alternativas que poseen los alumnos sobre el tema. Para ello se emplea un instrumento que nos proporcionará información a cerca de sus éstas.

Toma de conciencia de las propias ideas: En la que se pretende que los alumnos reflexionen, activando sus **representaciones mentales** que tienen acerca del tema a tratar.

¿Por qué es importante considerar las concepciones alternativas de los estudiantes en todo momento, respecto a los temas a desarrollar en determinada disciplina? La respuesta es muy simple, los estudiantes llegan al salón de clases con una diversidad de concepciones alternativas sobre los objetos y fenómenos naturales que les rodean. Las ideas que poseen a cerca de un tema determinado le han funcionado hasta el momento. Es necesario usarlas como los cimientos para la construcción de los nuevos conocimientos.

Wandersee, Mintzes y Novak¹³⁷ partieron de una serie de investigaciones ya realizadas sobre concepciones alternativas e hicieron un análisis sobre éstas en diferentes áreas como física, química y biología. Dentro de este trabajo, concluyen los siguientes puntos:

- Son muy parecidas entre sí, e independientes de la edad, habilidad, género o cultura.

Las concepciones alternativas existen en estudiantes de todos los niveles académicos. Las diferencias mínimas que pudieran existir se pueden deber a diferentes dominios de conocimientos así como por el nivel y calidad de una enseñanza previa.

¹³⁷ Wandersee, J.H.;Mintzes, J.J.;Novak, J.D. *Handbook of research in Science Teaching and learning. Cap 5 Research on alternative conceptions in science.* Mac Millan. New York. **1994**, pp 177-210.



Algunas concepciones alternativas “cambian”¹³⁸ poco a través del tiempo, otras lo hacen de manera dramática. Esto va a depender de los métodos de enseñanza empleados.

- Son sumamente resistentes al cambio cuando se emplean métodos de enseñanza tradicionales.

No todas las concepciones alternativas son firmes. Es importante diferenciar entre los conceptos que pueden requerir estrategias de “cambio conceptual”¹³⁹ altamente impulsadas y aquéllos que se pueden adquirir con métodos convencionales bien planeados.

- Presentan tendencias y patrones característicos; muchas de ellas son similares a las explicaciones o ideas de científicos y filósofos de la antigüedad.

De acuerdo con las investigaciones presentadas, las ideas de los alumnos muy a menudo son aristotélicas, lamarckianas, daltonianas, etc.

- Tienen su origen en las experiencias personales, ya sea a través de la observación directa, la cultura, el lenguaje, la enseñanza y los libros de texto.

Los significados que van construyendo a lo largo de su vida cotidiana son una herramienta imprescindible que les permite entender lo que ocurre a su alrededor. Algunas veces sirven como puente para entender conceptos científicos. *Para que funcionen eficientemente en el mundo de la ciencia y en el mundo cotidiano, los estudiantes aprenden recordatorios y señas que les ayudan a distinguir entre los dos sistemas*¹⁴⁰.

- Los profesores poseen, transmiten y refuerzan concepciones alternativas a los alumnos

¹³⁸ La idea del cambio que proponen los autores se refiere a cambios situados en los modelos mentales que dependen de la naturaleza de las demandas de las tareas que controla el profesor. Sólo los modelos mentales y no las teorías implícitas en su conjunto pueden ser susceptibles de cambios situados debidos a variaciones en las demandas de las tareas académicas y en los procesos de negociación que tienen lugar entre los alumnos y el profesor en el seno de la clase. Correa, N.; Rodrigo, M. Teorías implícitas, modelos mentales y cambio educativo.

¹³⁹ Algunos autores sugieren no hablar de “cambio conceptual” sino de “una reestructuración de los modelos mentales”.
Ibíd.

¹⁴⁰ Ibíd., pp 188.



- Interactúan con el conocimiento escolar. Esta interacción es procesada de diferente manera por cada estudiante generando resultados, en algunos casos, inesperados.

Las estrategias que intentan “modificar” estas ideas alternativas deben promover la reflexión y la discusión dentro del salón de clase.

El lenguaje que se emplea dentro del aula es un factor determinante en este tipo de aprendizajes no esperados. Las palabras que se utilicen pueden reforzar las preconcepciones, en lugar de fomentar un posible cambio. Los estudiantes reciben la información y ésta es interpretada de acuerdo a sus estructuras cognitivas.

Las concepciones alternativas, existen para dar respuestas a una infinidad de preguntas que se formula el ser humano sobre su medio. Son patrones de razonamiento basados en el sentido común. Talanquer sostiene que: *“Ciertas formas de pensar tienen una frecuencia y estabilidad extraordinaria antes y después de la instrucción. Su relativa coherencia contribuye a su poder predictivo y resistencia”*¹⁴¹.

Talanquer afirma que para el caso del razonamiento en química, la mayoría de los estudiantes son reduccionistas; su tendencia es simplificar el análisis de los fenómenos o problemas que se le presentan. El análisis lo reducen a la percepción, considerando pocas variables.

Este autor, presenta ocho reglas básicas en torno a este reduccionismo en su razonamiento:

Razonamiento Perceptivo

- *Razonamiento guiado por las propiedades perceptibles de un sistema o fenómeno.*
- *Uso de la “realidad” para explicar el modelo y no viceversa.*
- *Uso del mundo macroscópico para explicar el mundo microscópico.*

Substancialismo

- *Tendencia a usar un objeto material común como referencia implícita para el análisis de conceptos abstractos.*

¹⁴¹Talanquer, V. El químico intuitivo. Educación química. **2005**, 16 (4), pp 114-122 y Talanquer, V. Programa de formación de profesores de bachillerato. Facultad de Química UNAM. **2002**.



- Las imágenes, analogías o símbolos usados para representar conceptos abstractos tienen realidad concreta.

Razonamiento Estático

- Atención centrada en los rasgos estructurales de un sistema o fenómeno. No se toman en cuenta los rasgos dinámicos.

Causalidad Lineal

- Un solo agente activo es siempre responsable de los cambios observados en un sistema. La relación entre causa y efecto es directamente proporcional.

Reducción Funcional

- La mayoría de los cambios y propiedades de un sistema dependen de una sola variable.

Razonamiento Secuencial

- El análisis de la evolución de un sistema se estructura como una “historia” (cadena lineal de eventos).
- Las variables se consideran de una en una y se imagina una secuencia de episodios para explicar un fenómeno.

Fijación Funcional

- Los principios y leyes se aplican a cualquier sistema o proceso sin importar sus características o las condiciones bajo las que se trabaja.
- Las condiciones o restricciones bajo las cuales una ley o principio se aplican son irrelevantes.

Indistinguibilidad

- Las explicaciones se construyen usando conceptos arbitrariamente seleccionados de entre un conjunto de ideas relacionadas.
- Tendencia a usar una misma idea con varias “etiquetas”¹⁴².

Reconocer estos tipos de razonamientos en los alumnos da la pauta al docente para diseñar estrategias didácticas que favorezcan la reflexión metacognitiva que ayuden a superar algunas de las concepciones alternativas que posean.

Se presentan algunas concepciones alternativas que se localizaron en la siguiente dirección electrónica: <http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx>, producto del trabajo de algunos investigadores, respecto al tema que se está tratando en este trabajo:

- Una mezcla no forma una nueva sustancia.¹⁴³
- Todas las sustancias contienen átomos.¹⁴⁴
- Las burbujas, en el agua hirviendo, son átomos de hidrógeno y de oxígeno que se elevan (por separado) en el agua¹⁴⁵

¹⁴² Ibídem.

¹⁴³ Moje, E. B. Exploring discourse, subjectivity, and knowledge in chemistry class. *Journal of Classroom Interaction*. **1997**, 32 (2), 35-44.

¹⁴⁴ Harrison, A. G. & Treagust, D. F. Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*. **1996**, 80(5), 509-534.



- El aire es una sola cosa, una sola masa¹⁴⁶
- Varios elementos son un compuesto. Varios compuestos son una mezcla.¹⁴⁷
- Los elementos están constituidos por átomos y los compuestos por moléculas.¹⁴⁸
- Una molécula está constituida de átomos.¹⁴⁹
- El agua no es compresible porque entre las partículas de agua hay fuerzas de repulsión que impiden su acercamiento.¹⁵⁰
- Sustancia: clase particular de materia homogénea; puede ser elemento, compuesto o mezcla.¹⁵¹
- Todas las sustancias que reaccionan se juntan como las agujas en un imán.¹⁵²

Son sólo algunas concepciones alternativas que hay sobre el tema, no obstante dan un acercamiento al docente sobre las ideas que poseen los alumnos, las cuales pueden orientarlo en el diseño de estrategias.

Descripción de esta primera parte de la secuencia didáctica

Dentro de la estrategia a presentar, al inicio, se incluye una parte a la que se le nombró:

Las ideas no se crean ni se destruyen, ¿sólo se transforman?

La cual consiste en:

Una vez presentado el curso: reglas del juego, formas de evaluar, el temario, etc. Se les pide a los alumnos que respondan el siguiente *instrumento*, que le proporcionará al profesor información sobre los conocimientos previos que poseen los alumnos respecto al tema, de la misma manera le dará indicios sobre algunas concepciones alternativas. Es importante aclarar que no se trata de un examen

¹⁴⁵ Andersson, B. Pupils' conceptions of matter and its transformations, *Studies in Science Education*. **1990**, 18, 53-85.

¹⁴⁶ *Ibídem*.

¹⁴⁷ Martín del Pozo, R. Prospective teachers' ideas about the relationships between concepts describing the composition of matter. *International Journal of Science Education*. **2001**, 23(4), 353-371

¹⁴⁸ *Ibídem*.

¹⁴⁹ Cros, D.; Chastrette, M.; and Fayol, M. Conceptions of second year university students of some fundamental notions in chemistry, *International Journal Science of Education*. **1988**, 10(3), 331-336

¹⁵⁰ Benarroch B. A. El desarrollo cognoscitivo de los estudiantes en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*. **2000**, 18(2), 235-246.

¹⁵¹ Alvarado Z. C. Identificación de problemas en conceptos químicos fundamentales en los libros de texto de biología de secundaria. Implicaciones para el aprendizaje, México, Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. **2000**.

¹⁵² Andersson, B. (). Pupils' explanations of some aspects of chemical reactions. *Science Education*. **1986**, 70(5), 549-563.



sino de un diagnóstico y que, por lo tanto, no hay razón para copiar. Se les invita a que reflexionen cuidadosamente antes de responder y que lo hagan de la manera más objetiva posible.



El instrumento propuesto es el siguiente¹⁵³:

Universidad Nacional Autónoma de México.

Nombre: _____

Escuela: _____

Edad _____

El siguiente cuestionario **NO es un examen**; tiene el propósito de reunir información valiosa sobre lo que tú piensas acerca de algunos conceptos empleados en química. Te invitamos a contestarlo con tranquilidad, reflexionando tus respuestas, ya que los resultados de esta investigación servirán para proponer estrategias de enseñanza que apoyen tu aprendizaje.

I. Marca con una lo que consideres que estudia la química y con una χ lo que creas que **NO estudia la química**. Justifica tus respuestas.

Pirámide ()	
Combustión ()	
Agua ()	
Petróleo ()	
Planeta ()	
Aspirina ()	
Corrosión ()	
Seres humanos()	

II. Indica de cuántas y cuáles sustancias crees que están formados los siguientes materiales:



diamante



agua



tornillo inoxidable



miel

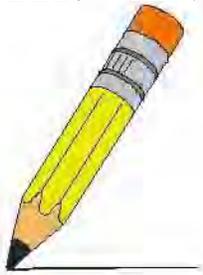


aire

¹⁵³ Este instrumento se aplicó a dos grupos de alumnos. Los resultados del mismo se presentan en el capítulo VIII, en el apartado de *avances del trabajo*.



III. Observa la siguiente figura:



¿Logras identificar algún material? Si () No ()

¿Cuál (es)? _____

¿A qué le llamas material? _____

¿Hay alguna sustancia en el lápiz? Si () No ()

Cuál (es) _____

¿Cómo sabes qué es una sustancia?

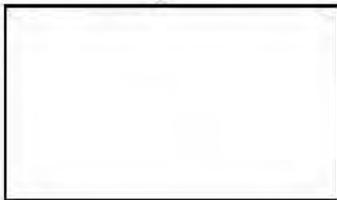
IV. Todo lo que nos rodea está formado por partes muy pequeñas, tan diminutas que nos es imposible verlas, pero que sí podemos imaginar.

Imagina que cuentas con unos lentes mágicos que te permiten mirar el interior de los siguientes objetos.

Dibuja cómo verías a las partículas que los forman



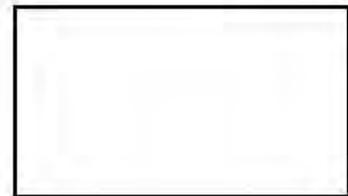
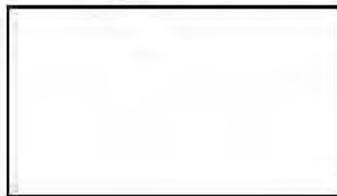
Diamante



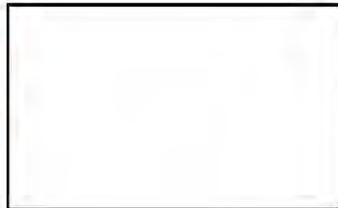
aire



tornillo inoxidable



miel



agua

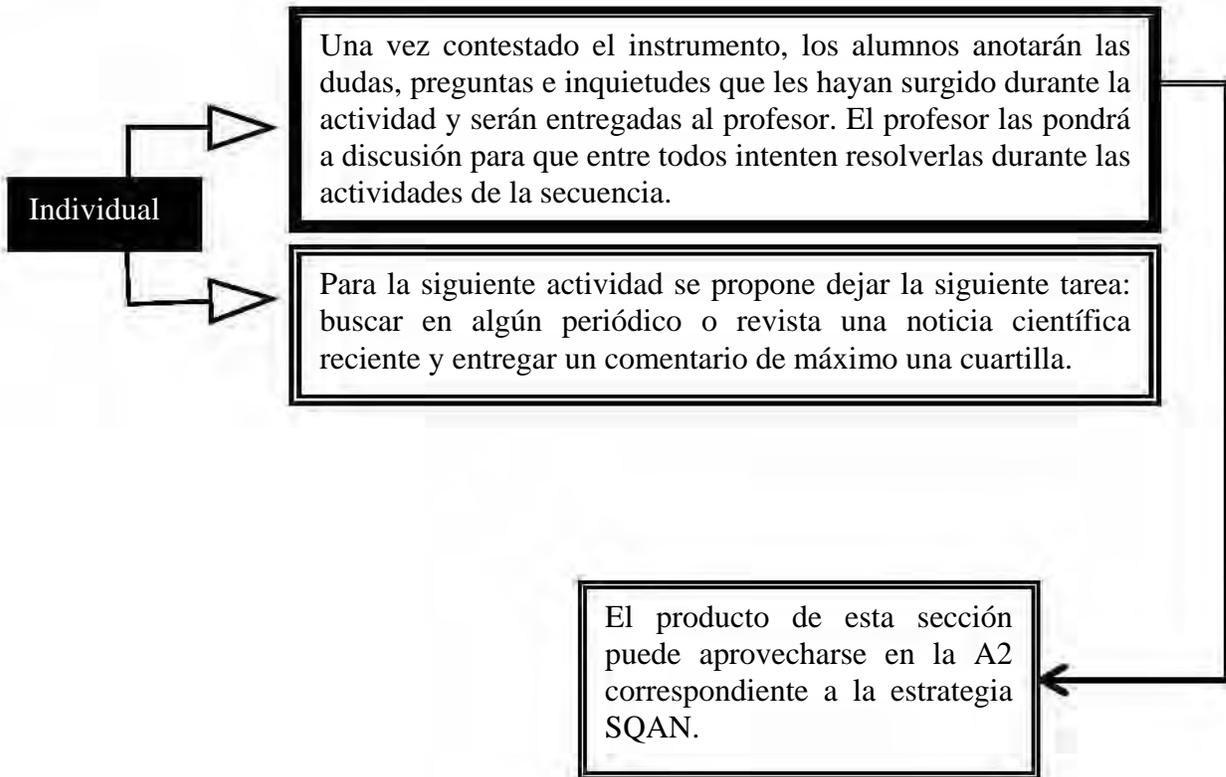


V. Menciona tres sustancias con las que convivas a menudo:

1 _____

2 _____

3 _____





A1. La Ciencia no es como la pintan

*La ciencia adquiere su auténtico sentido
por sus fines y no por sus orígenes:*
Echeverría, J.

A1.1 Propósito

Mostrar en qué consiste el quehacer científico, no declarativamente sino haciendo ciencia escolar.

Contenidos:

Conceptuales: Ciencia.

Procedimentales: Observar.

Actitudinales: Valorar el trabajo científico y sus alcances, apreciar lo provisional y las limitaciones de los conocimientos científicos, colaborar, reflexionar, ser paciente y perseverante.

A1.2 Justificación

Es pertinente, dentro de la secuencia didáctica, comenzar con una actividad que introduzca al alumno la idea de ciencia así como a delimitar el objeto de estudio de la química.

La idea más común que predomina acerca del tema, es la de una ciencia en la que el conocimiento es verdadero, verificable y exclusivo de los científicos e investigadores, concepción heredada de los positivistas. La filosofía de la ciencia se ha preocupado por argumentar contra estas ideas. Por ejemplo, Kuhn¹⁵⁴ afirmó que la ciencia se desarrolla por la acción colectiva de comunidades científicas con base en métodos, conceptos, valores, objetivos y conceptos que comparten entre sí y en los que se han puesto de acuerdo, a todo este conjunto, él le llamó *paradigmas*.

La historia de la ciencia, según Kuhn, muestra que las distintas disciplinas a lo largo de su evolución han pasado por uno o más periodos, que él mismo llama "ciencia normal" y "revolución científica". Esta etapa al que están sometidas las ciencias a través de la historia se inician por un periodo

¹⁵⁴ Kuhn, T. *La estructura de las revoluciones científicas*. FCE. México, D.F. 2da ed. 1975



conocido como “preciencia”, durante el cual se colectan una diversidad de observaciones. En este periodo pueden existir varias escuelas de pensamiento compitiendo, sin embargo, poco a poco un sistema teórico adquiere aceptación general o consenso, con lo que surge un nuevo paradigma de la disciplina.

Aquí inicia la siguiente etapa conocida como "ciencia normal" en la cual hay un crecimiento y desarrollo del conocimiento, pero también acumulación de anomalías o problemas que el nuevo paradigma no es capaz de solucionar, situación que genera una crisis dentro del paradigma y estimula la búsqueda de nuevas teorías, que a medida que van teniendo éxito se manifiestan incompatibles con el paradigma establecido.

Cuando se alcanza un nivel intolerable de anomalías el paradigma se abandona y se adopta otro nuevo que satisfaga no sólo los hechos explicados por el paradigma anterior sino también todas las anomalías acumuladas. A la ciencia que se realiza durante el periodo en que ocurre este cambio, de un paradigma por otro, Kuhn la llamó "revolución científica".

Estas revoluciones son importantes para el desarrollo de la ciencia, reflejan para Kuhn un avance científico. Su obra, pone en evidencia que la ciencia avanza y además deja ver la posibilidad de que ese mismo desarrollo permite cambios importantes en las teorías científicas. Contrariamente a la idea positivista de una ciencia “verdadera y dogmática”.

En este mismo sentido, vale la pena acentuar algunas ideas tomadas del trabajo realizado por Mengascini y Menegaz¹⁵⁵ respecto a cómo conciben los alumnos la ciencia, el trabajo científico y al científico:

- La imagen del científico que predomina es la de un tipo aislado, excéntrico y poco convencional.
- Para los alumnos:

¹⁵⁵Mengascini, A.; Menegaz, A.; et al. “Yo así, locos como los vi a ustedes, no me lo imaginaba” Las imágenes de ciencia y de científico de estudiantes de carreras científicas. *Enseñanza de las ciencias*. 2004, 22 (1), 65-78.



- La ciencia es un conjunto de conocimientos.
 - Es un poco más que pensar.
 - Es aquello que el hombre trata de hacer para seguir acumulando conocimientos.
 - La ciencia siempre emplea el Método Científico, y todo lo que hace el científico lo debe de anotar para recuperar información que posteriormente se pueda comprobar.
 - Consideran que toda afirmación se debe demostrar y contrastar al realizar muchísimas pruebas para ello.
 - La finalidad de la ciencia es la acumulación de conocimientos, o comprender la naturaleza e intervenir en ella si presenta alguna anomalía.
 - Es dinámica y se construye a lo largo del tiempo aunque en esencia es la misma.
 - La consideran buena aunque no descartan la idea de que en alguna época fue manipulada por políticos, no por científicos.
 - La creen mala cuando la asocian con conflictos bélicos.
 - Piensan que ahora hay más individuos que pueden tener acceso a ella, aunque ellos mismos se visualizan fuera de ella.
- Lo más interesante son los criterios que emplean para reconocer si un conocimiento es científico tales como: aspectos metodológicos, conocimientos probados experimentalmente y que posean un sustento lógico (no dogmas) aunado al criterio de autoridad, es decir, que sea un científico quien lo dé a conocer.

Estas ideas son de alumnos que cursaban la licenciatura en campos científicos. Es pertinente señalar que quizás los alumnos que cursan el bachillerato tengan estas mismas ideas, si no es que, en realidad, poseen una imagen aún más distorsionada sobre el quehacer científico.

Dentro de los resultados de esa investigación, vale la pena señalar que los alumnos no se imaginan que el científico esté inmerso en una comunidad científica, ni tampoco manifiestan que haya algún tipo de vínculo entre la ciencia y la sociedad.

Justamente son esos dos puntos los que la actividad (A2) propuesta pretende abordar. La concepción de ciencia que se pretende transmitir durante la secuencia didáctica y, por qué no, durante todo el curso, es la siguiente:



La ciencia es “una actividad social y transformadora, y no sólo del mundo natural, sino también del mundo social, doméstico e individual. Es una actividad cooperativa que no sólo está orientada a la búsqueda de conocimiento¹⁵⁶”.

Kuhn dentro de la crítica que hace a la enseñanza de la ciencia, afirma que ésta se presenta a los alumnos como dogmática, monoparadigmática y como un conocimiento verdadero, que se debe admitir y aprender obligatoriamente tal y como aparece en los libros. Esto trae como consecuencia una enseñanza en la que no se fomenta la crítica como valor. Lo cual es grave si se considera que uno de los principales propósitos de la educación es el de formar seres humanos capaces de tomar decisiones.

Es común que al alumno, en las sesiones de clase en las que realiza alguna “práctica”, no se le confronte con la naturaleza o con su entorno. En cambio, es habitual que se le intente sumergir a un entorno totalmente ajeno: el ámbito escolar construido por los docentes o por los libros de texto. Esa adaptación obligada (éxito o fracaso) caracteriza la actividad docente en el caso de la ciencia, señala Echeverría.

Lo anterior obliga a replantearse en qué dirección queremos que vaya la enseñanza de las ciencias. Hacia dónde y para qué. Una alternativa añadida a algunos puntos relevantes de Echeverría¹⁵⁷ es, a grandes rasgos:

- Enseñar a ver fenómenos desde el punto de vista científico.
- Enseñar a manejar material del laboratorio así como instrumentos para medir y observar.
- Enseñar determinadas teorías así como sus aportes y limitaciones.
- Enseñar un lenguaje científico propio de la disciplina.
- Formar estudiantes que analicen, argumenten y sean capaces de discutir y de investigar.
- Elaborar material didáctico para los alumnos y para otros profesores.
- Participar en el diseño del currículo, innovando en ello.
- Formar docentes en el ámbito psicopedagógico.

¹⁵⁶ Echeverría, J. *Filosofía de la ciencia*. Ed. Akal. Madrid, España. 1995, pp 101.

¹⁵⁷ *Ibidem*, pp147-148.



Y tener en mente que se intenta transformar el pensamiento del alumno y de modificar su percepción del mundo, desarrollar en él habilidades y fomentarle valores. *La ciencia es toda una cultura*¹⁵⁸.

A1. 3 Descripción de la actividad

1.-Como una madeja de hilos.



La actividad que se propone a continuación consiste en resolver un problema muy simple, pero permite poner en práctica algunas de las actividades propias de la ciencia. Hacer ciencia escolar requiere –como en la ciencia de frontera– plantear un problema, plantear una hipótesis de solución o posible respuesta para poder diseñar la estrategia acorde, llevarla a cabo, analizar los resultados y llegar a ciertas conclusiones.

Cada equipo tendrá una madeja de hilos que el profesor le proporcionará. El reto, será desenmarañarla. Uno de los integrantes observará y escribirá lo que realizarán sus compañeros para lograr el reto.

Una vez concluida la actividad, cada equipo compartirá con el grupo cómo logró deshacer la madeja, así como las dificultades que tuvieron. El profesor debe fomentar la discusión en torno a los propósitos ya descritos: Hacer hincapié en:

- la metodología científica:
- resaltar algunas características del científico: paciencia, reflexión,
- el impacto de la ciencia en la sociedad,
- la finalidad de la ciencia,
- importancia de las comunidades científicas y...
- ubicar a la química como una ciencia

¹⁵⁸ *Ibíd*em, pp 149.



2.-Para abordar este último punto se recurrió a una actividad conocida: se elaboró media cuartilla en la que se relata una noticia reciente de impacto nacional y que se relaciona con la química. La propuesta es la siguiente¹⁵⁹:

¹⁵⁹ La nota periodística se tomó de un diario conocido. Lira, S. La Jornada. México, D. F. Año 22, num 7719. 20 de febrero del **2006**.

**La Jornada** a 20 de febrero del 2006

Otros 12 trabajadores están hospitalizados; lento avance de las labores de rescate

Explosión y derrumbe en una mina de Coahuila; 65 obreros atrapados

♦ Acumulación de gas metano, posible causa, dicen ex canteros; autoridades no lo confirman.
LEOPOLDO RAMOS CORRESPONSAL

San Juan de Sabinas, Coah., 19 de febrero. La explosión y el derrumbe en una mina de carbón propiedad de Industrial Minera México mantienen atrapados a 65 mineros a 150 metros bajo tierra. Tras el accidente, ocurrido cerca de las 3 de la madrugada del domingo, 13 trabajadores más fueron rescatados con vida, pero están hospitalizados por tener golpes y quemaduras de primero y segundo grados en el cuerpo.

El Ejército mantiene el control del área, que se localiza a unos 360 kilómetros al norte de Saltillo, pero las operaciones de rescate están a cargo de siete especialistas en operaciones de rescate bajo tierra enviados por la empresa Mineras Carbonífera Río Escondido, ubicada en Nava, Coahuila, que son apoyados por 34 obreros encargados de la rehabilitación de la zona devastada.

"Desafortunadamente las labores de rescate transcurren lentamente debido a las condiciones de la mina después de la explosión y la acumulación de gas metano; tampoco se trata de arriesgar a los rescatistas", señaló Armando Díaz, coordinador de las operaciones de rescate en la mina conocida como Pasta de Conchos.

Lo que estamos haciendo "es bajar, explorar, asegurar el área y avanzar; avanzamos despacio, pero es por seguridad de los rescatistas", señaló.

Si bien las autoridades aún no tienen el peritaje del accidente, la explosión habría ocurrido ante la sobreacumulación de gas metano derivado del carbón y el estruendo derrumbó las paredes y el techo de la mina en unos 250 metros de longitud.

Frente a los familiares de las víctimas, que permanecen en las afueras del complejo minero, al aire libre y bajo 3 grados centígrados de temperatura, el gobernador de Coahuila, Humberto Moreira Valdés, advirtió: "Si no conseguimos rescatar con vida a estas personas enfrentaremos una de las peores tragedias mineras en el país".

Moreira lamentó que a las 6 de la tarde de este domingo, es decir, 15 horas después del accidente, ningún representante de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social -encargada de regular la seguridad en las minas- se haya presentado en el lugar.



Discusión grupal



Se sugiere que los alumnos:

- Lean la reseña
- Investiguen qué son y para qué sirven el carbón y el metano
- Intenten responder por qué puede haber metano en una mina de carbón y por qué es peligroso el metano.
- Elaboren un comentario en el que consideren: el impacto de este suceso en la sociedad.

A manera de evaluación:

El comentario debe ser revisado por el docente para averiguar si los alumnos abordan o no el problema desde una perspectiva científica: resolver un problema, uso de la observación, de una metodología, de razonamiento, creatividad, paciencia, discusión, trabajo en equipo.

El cierre de esta actividad consiste en una discusión plenaria acerca de la actividad científica moderada por el profesor. La conclusión debe versar sobre lo siguiente:

En términos generales, se intenta que el alumno se percate de que la ciencia intenta, al menos, resolver problemas reales. Donde lo de “problemas reales” se refiere a problemas de los que no necesariamente se conoce la solución¹⁶⁰. La actividad científica, más que un método perfectamente establecido requiere preparación, imaginación y rigor. Preparación implica conocer el estado del arte de la disciplina. Imaginación para pensar posibles soluciones. Y rigor para cotejar con objetividad los resultados, los hechos y las explicaciones.

Es importante, también, destacar que la ciencia es una actividad colectiva que se desarrolla en las comunidades científicas, entendido como aquellas que comparten “un mismo paradigma científico”

¹⁶⁰ Se les puede hacer mención de problemas reales en los que trabajan actualmente los científicos: salud, bélicos, hambre, contaminación, etc.



y que no necesariamente tienen que trabajar en el mismo espacio, pero que gracias a eventos nacionales e internacionales, revistas, etc.; se comunican y comparten sus ideas o conocimientos.

Otra conclusión final de esta actividad es la de ubicar a la química como una ciencia.

Indicios del aprendizaje

El Diario:

El diario va a ser una herramienta de gran utilidad para el profesor, ya que le aportará información acerca de los logros obtenidos en el aprendizaje de los alumnos de acuerdo a los propósitos planteados al inicio de la actividad.

Al finalizar la clase, los alumnos redactarán una narración en su cuaderno simulando escribir un diario. Se le sugiere al alumno que reflexione sobre los siguientes puntos, los cuales se incluirán en el texto:

- Describir lo que se realizó en la actividad
- Lo que se aceptó y rechazó durante la discusión
- Si está o no de acuerdo con las conclusiones a las que se llegaron (¿por qué?)
- Ideas que tenía sobre la ciencia antes de la actividad
- Ideas que cambió después de finalizar la actividad
- Implicaciones que tiene el tema en su vida diaria
- Concepción de ciencia al finalizar la actividad (Todo a cerca de ella)

NOTA: Es importante destacar que no es un cuestionario sino más bien una narración que puede incluir o no todos los puntos descritos, agregarse más y ordenarlos como él considere importante.



A2. En busca de la identidad perdida

*La evolución del pensamiento
no se da sin reto ni conflicto.*

José L. Córdova F.

A2.1 Propósito

Esta actividad pretende generar inquietud y controversia en los estudiantes respecto al objeto de estudio de la química. La conclusión se enfocará a resaltar que lo que le compete estudiar a esta ciencia es la obtención de unas sustancias a partir de otras y no necesariamente argumentar que la química estudia “todo” lo que tiene que ver con la materia.

Contenidos:

<i>Conceptuales:</i>	Química, materia.
<i>Procedimentales:</i>	Analizar, discutir, usar analogías, reconocer un problema.
<i>Actitudinales:</i>	Emitir juicios críticos y con fundamentos, trabajar en grupo.
<i>Desafío de las ideas propias:</i>	Las ideas de los alumnos explicitadas en la etapa anterior son cuestionadas

A2.2 Justificación

Dentro de la propuesta didáctica se establece la idea de delimitar el campo de estudio de la química. En realidad la química no se dedica a “todo” lo que nos rodea, sólo a una pequeña parte -que no por ser pequeña carece de importancia. Pero, ¿qué de la materia es o qué interesa a esta ciencia? Si se piensa que el centro de la química es la reacción química –proceso en el que unas *sustancias* se obtienen a partir de otras sustancias- se puede plantear que el objeto de estudio de la química son las sustancias, sus propiedades físicas y sus reacciones. Este planteamiento no implica desaparecer el concepto de materia, más bien puntualizar que lo que le concierne estudiar a la química son las sustancias y los procesos en los que éstas participan.

Gran parte del logro en el que el alumno conciba lo que son las sustancias, facilitará enseñar el concepto de reacción química. Por lo pronto, es suficiente con que los alumnos conceptualicen las sustancias y los materiales en términos de sus propiedades macroscópicas.



Vale la pena aclarar que no se pretende que la propuesta y la secuencia didáctica basten para que los alumnos dominen los conceptos tratados. Es únicamente una propuesta de cómo abordar los conceptos básicos de la química en un curso introductorio. Es sólo una manera, de tantas que existen. Sólo que en ésta se le ha dado al lenguaje un papel central.

Respecto a este último punto, y específicamente en esta actividad, se pretende mostrar dichos conceptos de una manera jerárquica. Se aprovechan algunos conceptos -como el de material y su relación con los objetos y seres que nos rodean- que, de por sí, forman parte del lenguaje cotidiano de los alumnos. Se acota el concepto de sustancia el cual, en el habla cotidiana, tiene un significado sumamente amplio.

Para esta actividad se hace uso de un diálogo analógico. El diálogo es una forma de expresión que el ser humano ha empleado desde hace muchos siglos. En palabras de De la Torre¹⁶¹:

Es la forma más interactiva de enseñar y aprender. El diálogo (del griego dia-logo), es una forma de entrar en el mundo del otro a través del logo, de la sabiduría, de la palabra. No hay espectadores, todos son participantes, emisores y receptores al tiempo.

Así en esta actividad didáctica se recurre al diálogo analógico como un recurso didáctico. Este posee la característica de resaltar la imaginación, de tratar los conceptos de una manera creativa y fantasiosa. En este caso se utilizará para intentar promover el debate y la discusión.

Los griegos, en la antigüedad recurrieron al diálogo como un recurso de enseñanza ya que promovía la reflexión. Así lo reconoce De la Torre:

La propia filosofía no es sino un diálogo entre la mente humana y lo que está fuera de ella. Es preguntarse a uno mismo sobre la naturaleza de las cosas para trasladar luego esta pregunta a los demás. En todo diálogo se da una tensión diferencial, con mayor o menor desnivel. La tensión diferencial es el motor de todo cambio. Son formas diferentes de ver las cosas, de pensarlas, de sentirlas¹⁶².

¹⁶¹ De la Torre, S.; Barrios, O. *Estrategias didácticas innovadoras. Recursos para la formación y el cambio*. Edic. Octaedro. España. 2000, pp 229.

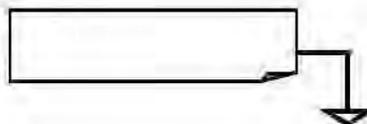
¹⁶² *Ibidem*, pp 232.



De acuerdo con De la Torre: *el diálogo analógico va más allá de las formas aparentes, del significado lineal, académico, denotativo, para proporcionarnos visiones globales, relacionales, funcionales, interactivas, de nociones, situaciones o problemas*¹⁶³.

El diálogo propuesto no solamente da información. Se ha escrito de tal manera que los alumnos se enfrenten con posturas contrarias. Se pretende inquietar sus esquemas conceptuales sobre el tema que es abordado en el diálogo, con la intención de que el alumno reestructure sus ideas. Los personajes que dialogan son, precisamente, los conceptos que se han estado planteando como el de sustancia, química, ciencia y materia. Se presenta un problema de identidad donde cada personaje da sus puntos de vista y argumentos para convencer a los demás.

A2.3 Descripción de la actividad



Para realizar esta actividad se recurre a una estrategia conocida como SQAN (Tabla 3), misma que proporcionará datos importantes al profesor respecto a las metas alcanzadas en esta parte de la secuencia.

Tabla 3. Propuesta para desarrollar la estrategia SQAN.

Lo que Sé ¿Qué es la química? ¿Qué relación tiene la química con su vida cotidiana? ¿Cuál es la relación entre la materia y la química? O ¿las sustancias con la química?	Lo que Quiero saber Inquietudes y/o dudas que se generaron después de responder el <i>instrumento</i> propuesto	Lo que Aprendí	Lo que No me quedó claro

¹⁶³ *Ibíd*em, pp 248.



Este cuadro (tabla 3) se contestará al inicio y al final de la actividad. Se sugieren algunas preguntas para la parte que corresponde a **S** (ver tabla 3). En la que atañe a **Q** puede contestarse con las dudas e inquietudes que surgieron en la parte del diagnóstico (después de contestar el *instrumento* ya conocido).

Sobre el diálogo:

En el diálogo propuesto habrá un sencillo debate entre la materia y una representante de las sustancias acerca de cuál de las dos (la materia o las sustancias) es el verdadero objeto de estudio de la química. Cada integrante del equipo deberá asumir el papel de un personaje dentro del diálogo, posteriormente elaborarán en equipo un mapa conceptual con los personajes del diálogo.

Se sugiere que se realice el mapa conceptual antes de la discusión con la finalidad de que los alumnos manifiesten sus ideas y den a conocer cómo interpretaron la información del ...

Trabajo en equipo

Se intenta dentro del propio diálogo que cada definición propuesta sea obvia y/o precisa:

- Personajes: ciencia, química, materia, y Doña sustancias.
- Discusión en equipo y posteriormente discusión grupal. Opinión sobre las posturas de cada personaje. Ubicar cada personaje en un mapa conceptual que ellos elaboren. Discutir cada propuesta.



En busca de la identidad perdida

Por Nadia Méndez

En un viejo laboratorio que pertenecía a un gran científico del siglo XVII ocurrió algo inesperado: la señora Ciencia convocó a una reunión a sus amigas: la joven Química, la vieja Doña Sustancias y la enigmática Materia.

¿La razón? ¡un debate! Era necesario aclarar algunos puntos que no dejaban dormir a gusto a la señora Ciencia. Una vez todas reunidas, la señora Ciencia habló así:

Ciencia – Las he reunido porque he notado que Química tiene un conflicto de identidad... ¡o eso me parece a mí!

Y dirigiéndose a Química le hizo la siguiente pregunta

Ciencia – Es necesario que me digas a qué te dedicas, ¿cuál es tu trabajo?

Química – Bueno... yo, tú sabes, soy una ciencia muy joven y he estado participando... en... ¡todo!

Materia – Sí, en todo porque Química se dedica a estudiarme a mí!

Ciencia – Bueno, ¿por qué ocuparse de ti? Si es así, implica ocuparse de todo. Aclárame ¿qué eres tú?

Materia – Yo soy todo porque todo está hecho de materia: ¡claro, con excepción de las ideas! Todos los objetos y los seres que existen están hechos de mí. Soy todo lo que ocupa un lugar en el espacio. Un libro es materia, un caballo también, un matraz, un...

Doña Sustancias que estaba muy atenta a la discusión, no pudo evitar reír al escuchar lo que Materia había dicho

Doña Sustancias – Ja, ja, ja... y ahora resulta que Química estudia los caballos y los matraces... Esto es difícil de escuchar. Dime Química, ¿eres zoóloga o sopladora de vidrio? ¿en verdad te dedicas a estudiar a los caballos?

Y dirigiéndose a Ciencia, sumamente enfadada, afirmó:

Doña Sustancias – ¡Qué bueno que convocaste a esta reunión. Química está hecha un lío. No debemos irnos de aquí hasta aclarar el punto.

Materia – Perdón, Doña Sustancias, pero en mi opinión no hay nada que aclarar.

Doña Sustancias – Vamos Materia, tú bien sabes que el campo de estudio de Química no eres exactamente tú,... ¡soy yo!



Materia – No seas egocéntrica, Doña Sustancias, ¿quieres hacer creer a Química que ella sólo se ocupa de ti?

Doña Sustancias – Pues lo dirás de chía...

Materia – ¡Más a mi favor!

Doña Sustancias – ¿Por qué?

Materia – Porque que tú formas parte de mí. Cada cosa, cada cuerpo está formado por una o más sustancias. Esos cuerpos o cosas son materia, pues ocupan un lugar en el espacio. Por lo tanto, Química se ocupa de ambas. Sí, ¡de tí y de mí!

Ciencia y Química escuchaban con atención los argumentos de ambas. Sin embargo, ahora Química estaba realmente confundida... y al fin preguntó a Doña Sustancias:

Química – Ya me metiste la duda. Ahora que reflexiono... ¿Qué puedo yo estudiar de un caballo? ¿Su color, su tamaño, su anatomía? ¿si relincha o no? Y, ¿por qué dices que te estudio a ti?

Doña Sustancias – Mira, Química, Materia tiene la razón... ¡a medias!

Ciencia, Química y Materia se sorprendieron de lo que Doña Sustancias acababa de decir. Ella continuó hablando

Doña Sustancias – En efecto, todas las cosas y objetos son materia porque están hechos de una o más sustancias. En condiciones de temperatura y presión, como las que hay en las cercanías de la superficie terrestre, la materia se manifiesta en forma de sustancias. O, dicho de otro modo, las sustancias somos los diversos tipos de materia que existen (bajo dichas condiciones). En realidad, hay muchas cosas que estudiar de Materia. Pero, Química, a ti sólo te preocupa aquello de Materia que tiene que ver conmigo. No estudias todo lo que tiene que ver con la materia... ¡sólo lo relacionado con aquellos procesos donde se obtienen unas sustancias a partir de otras!

Química – ¡Claro! ¡Por supuesto! ¡A eso me dedico! ¡Cómo pude no haberme dado cuenta! Espero, Materia, que no te sientas ofendida... pero Doña Sustancias tiene razón. De todo lo que tú eres, sólo estoy interesada en Doña Sustancias. Lo demás de ti lo estudian otras ciencias como Física y Biología. No cabe duda... ¡zapatero a tus zapatos!

Ciencia, ahora más tranquila, dio por terminada esta sesión. Ciencia y Materia se despidieron y se marcharon hacia sus respectivos hogares. Pero Doña Sustancias y Química permanecieron un rato más. Química aprovechó para hacerle a Doña Sustancias una última pregunta:

Química – Un momento, ¿qué no se supone que lo que yo estudio son compuestos y elementos?

Doña Sustancias – ¡Claro! ¡Los compuestos y los elementos son ambas sustancias! De hecho, te sugiero que, para evitar confusiones, mejor te refieras a ellos como: sustancias compuestas y sustancias elementales.

Salieron del laboratorio, platicando de otras muchas cosas más.



Se sugiere que cada equipo presente en el pizarrón su propuesta de mapa para compararlos y fomentar el debate si es que se existen diferentes puntos de vista. La discusión debe ser orientada a destacar el concepto de sustancia. Son cuatro conceptos que se trabajan en el diálogo y que no se pueden perder de vista.

El cierre debe hacerlo el profesor en conjunto con los alumnos. Para esta parte, la conclusión girará torno a la propuesta de limitar el campo de estudio de la química, únicamente al estudio de todo lo que tiene que ver con los procesos en los que unas sustancias se forman a partir de otras.

A manera de evaluación:

En la hoja donde elaboraron su mapa conceptual, redactarán (en equipo) qué cambios le harían a su mapa (luego de la discusión grupal) y después se lo entregarán al profesor.

Además, cada alumno concluirá y entregará al docente el cuadro SQAN.

Lo que Sé	Lo que Quiero saber	Lo que Aprendí	Lo que No me quedó claro



A3. Pero... ¿Qué son los materiales y las sustancias?

*Quien lee aprende mucho,
pero quien observa aprende más*
A. Dumas

A3.1 Propósito

Durante el curso, esta sería la primera experiencia sensorial del alumno con materiales y sustancias, en el que la percepción jugará un papel importante.

Contenidos:	
<i>Conceptuales:</i>	Material, sustancia.
<i>Procedimentales:</i>	Observar, clasificar, comparar, discutir, analizar.
<i>Actitudinales:</i>	Colaborar en equipo, plantear y usar algún criterio, capacidad para argumentar, ser tolerante y respetuoso.

A3.2 Justificación

Con las actividades anteriores se pretende que los alumnos perciban que la química tiene las características de una ciencia. También que delimiten el campo de estudio de la química, enfocándolo al estudio de las sustancias. Se intentará que esta delimitación la hagan con el auxilio de un concepto poco usado en la disciplina, pero muy usado en su vida cotidiana, el de *materiales*. Para conseguirlo se propone el uso de un procedimiento que ha sido de gran utilidad para organizar los conocimientos en las ciencias: la clasificación de lo que se observa y se encuentra alrededor de uno.

Por ejemplo, los libros de texto y los docentes ponen gran énfasis en la clasificación de la materia. Ambos recurren a la clasificación en un intento por hacer la distinción entre mezclas y sustancias. Cuando se considera que los alumnos lo entienden, proceden a clasificar las sustancias en términos de compuestos y elementos. Esa ha sido la lógica que ha prevalecido en los últimos años.

No obstante, cuando a los alumnos se les presenta una ecuación química representando una determinada reacción, ocurre a menudo que entre sus explicaciones del proceso introducen el



concepto de mezcla. O bien cuando se están refiriendo a algún material mezclado como el petróleo, por ejemplo, ellos aseguran que se trata de un compuesto.

En el aula, los conceptos de mezcla, compuesto, elemento y sustancia son diferenciados por el docente, pero para el alumno da lo mismo hablar de uno o de otro. Razón por la que se propone dar un orden a estos conceptos, dentro de la organización que se ha pretendido establecer, pareciera que se ha generado un desorden no esperado y con consecuencias negativas. Para lograr hablar de reacción química, y que los alumnos comprendan el proceso más fácilmente, quizás sea conveniente que estos conceptos los distingan desde mucho antes de abordar lo central de la química.

¿Cuál ha sido otro obstáculo importante? Desafortunadamente cuando alguien se encuentra frente alguna sustancia o material, no hay alguna etiqueta que se pueda observar y que revele el nombre de lo que se presenta. Cuando se les dice a los alumnos que –“en ese frasquito hay nitrato de plomo”, ellos tienen que creerle a su profesor aunque, según lo que ven, pueda tratarse de sal de mesa.

Se pretende reestructurar la idea de que no es posible identificar algo con sólo mirarlo. Esta situación, en ocasiones provoca angustia en los alumnos ya que el docente no mide que está ante un novato y supone que el estudiante lo sigue al pie de la letra. El profesor muchas veces tiene conocimiento sobre de qué está hecho un determinado material. Lo sabe por su experiencia, no porque tenga vista de cromatógrafo. No hay nada en el aspecto de un material que indique a simple vista, de qué está formado. Para un profesor también sería imposible adivinar de qué está hecho un cierto material si no sabe de antemano su composición. Lo curioso es que la química se enseña como si fuera posible conocer la composición química de los materiales y las sustancias simplemente a través de nuestros sentidos. Todo esto genera angustia, frustración y rechazo en los alumnos, pues se les pide algo que es imposible y se les hace pensar que si no pueden es porque son incapaces.

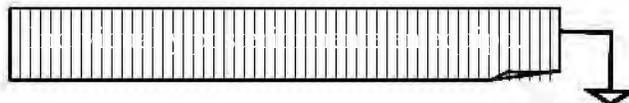
La actividad presente se diseñó con la intención de enfrentar a los alumnos con sus propias ideas que poseen sobre lo que son los materiales y las sustancias. Se espera que planteen algún criterio para distinguir ambos conceptos. Prácticamente la intervención del profesor será mínima, posteriormente en la A4 se contrastarán sus concepciones formuladas en esta actividad.

Es pertinente comentar que es necesario no sólo recurrir a clases “teóricas”. Si se tiene en cuenta que la química es una ciencia experimental, es evidente acudir a una actividad en la que pongan en marcha su habilidad para observar, la cuál sin duda le corresponde al docente enseñar a hacerlo, es de utilidad que los alumnos interactúen con ese tipo de procedimientos ya que en ellos se desarrollan otras habilidades. Lo cual forma parte de la formación integral que se le está dando al adolescente.

Para el mundo concreto de los adolescentes, se parte de objetos y materiales concretos, de un lenguaje sencillo y cotidiano al que están acostumbrados. Al respecto, Borsese señala que para quien conoce la disciplina en toda su complejidad y hace uso mental de tales definiciones, cada palabra inmersa en ella revela conceptos significativos así como una riqueza de información, pero para quien se acerca por primera vez a la disciplina se encuentra en un cuarto oscuro sin que pueda establecer ningún hecho cultural relevante. Por ejemplo, mientras que a un experto, una fórmula química revela mucha información sobre las propiedades de la sustancia que representa, para un alumno, tan sólo son jeroglíficos.

De acuerdo a lo anterior, se procura partir de lo conocido, de su entorno, para que poco a poco se le vaya conduciendo a niveles más elevados dentro de la disciplina.

A3.3 Descripción de la actividad



1.- Describiendo lo que vemos.

Se sugiere presentar físicamente a los alumnos materiales como: un matraz que contenga cada uno de los siguientes materiales: aire, agua destilada, mercurio¹⁶⁴, plomo, Alka Seltzer, amoníaco y un globo que contenga helio¹⁶⁵.

Se les solicita a los alumnos que describan físicamente cada material que se les ha presentado, -que ellos mismos asignen las características físicas que van a detallar-. Se propone que la actividad sea individual, posteriormente compartirán con los demás integrantes de equipo cada una de sus observaciones para ampliarlas o depurarlas:

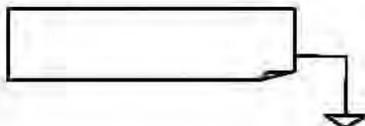
¹⁶⁴ Es una sustancia con un alto riesgo de toxicidad. Indicar a los alumnos que sólo lo manipule contenido en su recipiente.

¹⁶⁵ Lo que se describirá no será el globo ni los recipientes que contengan a los materiales, sino a los materiales mismos.



Precaución: Hacer énfasis en que **no** se debe probar ningún material.

2.- Criterio de clasificación.

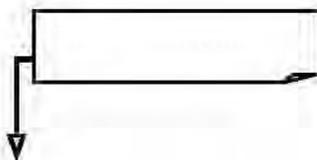


Los alumnos saben el nombre de lo que se les proporcionó. También se les hace saber que algunos materiales están constituidos por varias sustancias pero que otros están constituidos únicamente por una sola sustancia. Por tanto en equipo deben discutir y responder las dos preguntas siguientes:

1.- ¿Cuáles materiales son mezclas de varias sustancias?

2.- ¿Cuáles materiales son una sola sustancia?

3.- Plasmando las ideas:



Los acuerdos del equipo se redactarán en una media cartulina que conservarán hasta concluir la secuencia didáctica.

A manera de evaluación

En esta actividad los alumnos trabajarán con muy poca participación del profesor, prácticamente éste fungirá como un observador del trabajo y discusión de los equipos.

Además de esa labor de observar, el docente contará con los acuerdos a los que llegue cada equipo. Este cuadro (tabla 4) puede ser útil para evaluar la actividad:

Tabla 4. Cuadro de cotejo para evaluar la actividad 3

	bueno	regular	malo
● la organización del equipo			
● el nivel de discusión			
● argumentos planteados			
● acuerdos finales			
● Observaciones del equipo			

El cuadro mostrará al profesor la habilidad de cada grupo para organizarse y para ponerse de acuerdo sobre los criterios que emplearán para realizar su clasificación. Los acuerdos finales ofrecerán también un acercamiento sobre cuáles son sus ideas sobre el tema y los conocimientos previos que poseen al respecto.

Las ideas que emanen de esta actividad se contrastarán con la A4.



A4. Exposición de la propuesta

A4.1 Propósito

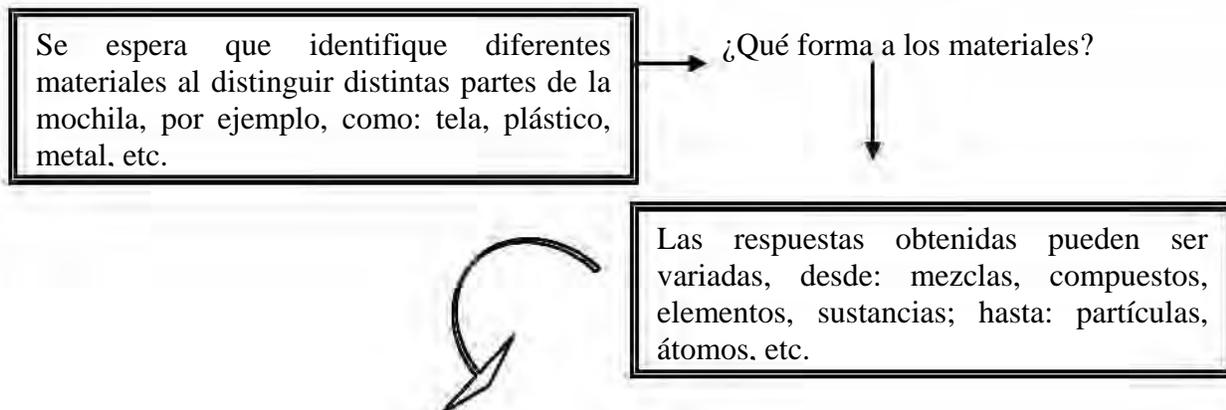
Mediante un ejemplo, presentar la redefinición de conceptos propuesta por Sosa. En el glosario de esta tesis se puede encontrar la redacción exacta de cada una de las definiciones.

	Contenidos:
<i>Conceptuales:</i>	Materiales, sustancia, sustancia elemental, sustancia compuesta.
<i>Procedimentales:</i>	Analizar y discutir
Introducción de los conceptos:	En esta etapa, tras el desafío de las ideas, son formalizados por el profesor los nuevos conocimientos.

A4.2 Justificación

Hasta esta parte se han realizado tres actividades que han preparado el terreno ya sea con dudas o inquietudes generadas por las propias actividades. Es decir, permitieron que los alumnos manifestaran sus concepciones alternativas al respecto. Sería un error que al final de la secuencia no se les respondieran sus preguntas a los alumnos. Se sugiere que sea ahora cuando se respondan algunas o la mayoría de las preguntas relacionadas con las actividades anteriores. La presentación la va a realizar el docente. No obstante, es importante hacer que participen los alumnos.

A4.3 Descripción de la actividad



Para cada respuesta se proponen que se planteen preguntas que cuestionen las ideas de los alumnos:

Podría ser el momento para que se asigne una jerarquía a cada concepto, para ello se puede recurrir a un mapa conceptual. (fig 3)



El profesor escoge algún objeto que se encuentre en el salón, una mochila, por ejemplo. Se les solicita a los alumnos que la describan y que discutan qué es cada material que la forma y cuántas sustancias contiene. Al final, se les plantean las siguientes preguntas:

¿Qué son las mezclas?

¿Qué son los compuestos?

¿Qué son los elementos?

¿Qué son las sustancias?

¿A qué se le llama partícula?

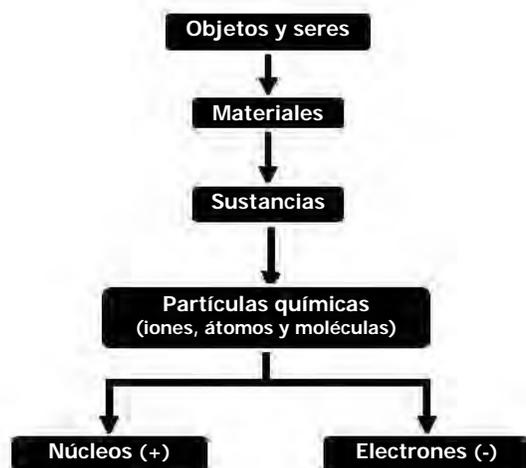


Fig. 3 Mapa conceptual propuesto por Sosa, que incluye algunos conceptos básicos de la química

Como en la actividad anterior, hasta aquí, se deben resolver las inquietudes y/o dudas que se presentaron al término de responder el instrumento.

Los alumnos revisarán su media cartulina que elaboraron al final de la A3 y en equipo discutirán si cambiarían sus ideas ahora que ya conocen la propuesta.

A manera de evaluación

Es pertinente que una vez que se presente la propuesta, continuar con la misma dinámica de observación como la que se realizó en la A3. Al finalizar esta actividad, el profesor contará con evidencias físicas (cartulinas de la A3 y A4) que le proporcionarán información sobre el avance conceptual de los alumnos al comparar ambas propuestas y ambos cuadros de cotejo de las dos últimas actividades.



A5. ¿Qué es o para qué sirve?

A5.1 Propósito

Esta actividad pretende promover que el alumno sea consciente de que los materiales y las sustancias son cosas concretas que se venden y se compran, que tienen propiedades y usos específicos.

Se propone dejar una tarea para casa con un enfoque CTS, la cual apoyará la A6. La entregarán de forma individual para que sea considerada como una evaluación para el alumno.¹⁶⁶

Contenidos:

<i>Conceptuales:</i>	Sustancia (compuestas y elementales)
<i>Procedimentales:</i>	Utilizar diversas fuentes de información.
<i>Actitudinales:</i>	Rigor y precisión en la recopilación de información.

A5.2 Justificación

La química suele enseñarse en el pizarrón. Totalmente descontextualizada de la experiencia que los estudiantes tienen en su vida cotidiana. La idea es la de acercarlos a su entorno y la de enriquecer su experiencia pero no mediante una exposición aburrida del maestro sino como una investigación bibliográfica o electrónica (generalmente acuden a Internet), en la que como resultado de su esfuerzo descubren que dichos materiales y sustancias están relacionados con objetos y fenómenos de su vida cotidiana. En vez de dar un conjunto de datos y números que aburren, se les pide a los alumnos que ellos mismos consigan la información, obligándolos a cumplir con un papel activo, en vez del papel pasivo que implica el solo escuchar.

A5.3 Descripción de la actividad



¹⁶⁶ El primer día de clases se acordará con ellos lo importante de realizar y entregar sus investigaciones. Se les recuerda que toda investigación debe proporcionar la fuente bibliográfica de donde tomaron tal información. Si es necesario, ese día, mostrar al alumno cómo citar diferentes tipos de fuentes. Este proceso es valioso en el proceso de formación del alumno.



Se les solicita que investiguen qué son y para qué sirven los siguientes materiales y/o sustancias, se les recomienda que en los casos que encuentren alguna fórmula que represente lo que estén investigando, se tome en cuenta:

Acido acetilsalicílico	Cloruro de sodio
Anfetamina	Nonoxinol
Cobre	Tetrahidrocannabinol
Hidrógeno	Petróleo
Oxígeno	Malaquita

Esta tarea se relacionará con la A6 en el análisis y discusión de esta última.

A manera de evaluación

Como parte de la tarea, después de realizar la investigación, el alumno reflexionará sobre lo desarrollado y contestará el siguiente cuadro (tabla 5) que será entregado al profesor:

¿Qué consideró positivo sobre lo que investigo?

¿Qué le pareció negativo?

¿Qué de su investigación le pareció interesante?

Tabla 5. Cuadro propuesto para evaluar la actividad 5

Positivo	Negativo	Interesante



A6. El Laboratorio de Análisis Químico

*Mis certezas se deben a mi ignorancia.
Mis dudas a mi conocimiento. J.L.*

A6.1 Propósito

Esta actividad persigue los siguientes propósitos:

- I. Que los alumnos se den cuenta que las preguntas importantes que los químicos se hacen sobre los materiales son las siguientes:
 - *¿Cuántas sustancias contiene un determinado material?
 - *¿Cuáles sustancias son?
 - *¿En qué proporción se encuentran en el material?

- II. Que los alumnos se den cuenta que la única manera de responder dichas preguntas es llevando a cabo un análisis químico, generalmente, en un laboratorio comercial y mediante el trabajo remunerado de profesionistas químicos.

Contenidos:	
<i>Conceptuales:</i>	Sustancia elemental, sustancia compuesta, mezcla, material, composición.
<i>Procedimentales:</i>	Observar, clasificar, comparar, hacer registros, organizar, analizar e interpretar datos y situaciones.
<i>Actitudinales:</i>	Trabajar en equipo, apreciar las limitaciones de los conocimientos científicos, analizar, usar alguna metodología, emitir juicios críticos, ser tolerante y respetuoso de las ideas, tener capacidad de argumentación.
<i>Aplicación de los conceptos:</i>	Que el alumno aplique los conceptos a otras actividades, para comprobar si los ha interiorizado.

A6.2 Justificación.

Las evaluaciones típicas de este tema, donde se le pide al alumno que diga si una determinada muestra es una mezcla o no, inducen a pensar que, para saber la composición de un material:



- Basta con conocer el aspecto de dicho material
- Basta con conocer el nombre del material.

Las dos afirmaciones son falsas y la idea es evitar la construcción, en la mente del estudiante, de estas concepciones erróneas.

Además, en las evaluaciones típicas de este tema, la única manera de ser exitoso es aprendiéndose de memoria cuáles son mezclas y cuáles no. En este sentido, esta actividad es consecuente con la convicción de no se enseñar química “siempre” de una manera memorística. Al respecto Ausubel sostiene la idea de un continuo entre el aprendizaje memorístico y significativo y que en un momento dado coexisten ambos, no obstante señala que el aprendizaje significativo será más eficaz que el aprendizaje memorístico. Este último posee la cualidad de no implicar algún esfuerzo por integrar los nuevos conocimientos a las estructuras cognitivas ya existentes.

A6.3 Descripción de la actividad



1.- ¡Sabemos lo que tiene... desde el verano pasado!

Se sugiere que en esta actividad participen dos profesores para que uno haga el papel de gerente y otro el de encargado del laboratorio de análisis químico. Si no es posible, se le puede pedir a un alumno que haga el papel del gerente.

El gerente de una empresa en la que trabajan todos los demás le pide a cada equipo que averigüen qué contienen y en qué proporción los siguientes objetos y materiales (uno por equipo):

Agua, azúcar, sal de mesa, un alambre de cobre, un clavo y un condón, por ejemplo.

Les indica que a la vuelta hay un laboratorio de análisis químico (simulado por el profesor) adonde pueden llevar su muestra para que la analicen y les da \$130.00 para pagar el servicio. Pero que antes de llevarla al laboratorio, escriban en su bitácora si creen que su material contiene una o varias sustancias y si tales sustancias son compuestas o elementales. Además, que anoten qué criterios usaron para decidir.

No se les dice qué deben solicitar ni cómo lo deben pedir al laboratorio de análisis químico ni qué servicios ofrece ni cuánto cuestan.



De hecho, el laboratorio (el profesor) sólo ofrece tres servicios:

- Cuántas sustancias contiene el material (\$20.00)
- Cuáles son (nombre y fórmula) (\$80.00)
- En qué proporción están (nombre, fórmula y porcentaje masa/masa) (\$130.00)

Si alguien pide alguna otra cosa, simplemente se le contesta que ese servicio no se ofrece. Si alguien sólo pide un servicio únicamente se le da la respuesta de dicho servicio. Si el equipo no puede contestarle al gerente qué sustancias contiene el material y en qué proporción, éste los debe volver a mandar al laboratorio a que soliciten más servicios.

El profesor debe mantener contacto (auditivo y visual) estrecho con los alumnos durante la primera parte de la actividad, es decir acercarse a su mesa de trabajo para identificar posibles dudas e inquietudes. Se sugiere que una vez concluida esta parte, cada equipo comparta con todo el grupo sus resultados. El pizarrón es un buen lugar para hacerlo.

En esta primera parte, el profesor no dará ninguna respuesta a las dudas generadas, su función es la de guiar la discusión. Discutir los resultados, y que cada equipo defienda con argumentos sus ideas, en caso de que haya diferencias.

Al final, cuando cada equipo tenga el resultado correcto dado por el laboratorio, el profesor deberá explicar claramente que ni el aspecto ni el nombre de los materiales sirven para saber qué sustancias contienen y en qué proporción.

2.- Concluyendo en plenaria:

*Para reforzar esta parte, se revisará la tarea (realizada en la A5) en la que investigaron: ¿qué es y para qué sirve? Se puede recurrir a la participación de los alumnos. Para el caso de las sustancias que investigaron sí sería necesario que escribieran en el pizarrón las fórmulas encontradas. Hacer uso de ellas para mostrar que un pequeño cambio (de una parte por otra) implicaría hablar de otra cosa con características fisicoquímicas diferentes y con un uso diferente. Es justamente en esta parte donde se puede hacer la distinción -a partir de la fórmula desarrollada- entre sustancia elemental y



elemento, este último como un átomo con cierto número de protones que constituye parte de las partículas que integran a la sustancias.

*Revisar y contestar, entre todos, las preguntas e inquietudes generadas en la A1 por el instrumento propuesto.

*Contrastar las ideas plasmadas en la media cartulina elaborada por ellos en la A3 así como sus ideas de la A6 parte 1.

*Es en este momento en el que los alumnos junto con el profesor destacarán la distinción entre sustancias compuestas y elementales, las cuales conforman a los materiales. Además, que es común que en los materiales mezclados no sea estricta la cantidad de sus componentes (composición), mas esto no ocurre en el caso de las sustancias compuestas. Resaltar la idea de que conviven con los materiales y las sustancias, que no son ajenos a nuestro entorno y que no sólo se encuentran en los laboratorios; sin embargo, para conocer qué sustancia(s) hay presentes en algún material mezclado es necesario recurrir a un análisis químico.

Los resultados del laboratorio se entregarán en un formato parecido al siguiente (ver anexo 2 para los faltantes):

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO S.A

"SABEMOS LO QUE TIENE... DESDE EL VERANO PASADO"

CCH-S a 22 de agosto del 2005

LE INFORMA:

	Costo
El material analizado contiene una sola sustancia	\$20.00

Químico: A. Lavoisier

Ced. Prof. 00001



A manera de evaluación

El Glosario

Este instrumento (Tabla 5) no sólo será de utilidad para el profesor para evaluar la actividad, también servirá para apoyar al alumno incluso en temas posteriores. Consiste en elaborar una lista de conceptos que serán definidos provisionalmente por el alumno:

Tabla 5. Propuesta de Glosario para evaluar la actividad 6

Concepto	Definición propuesta por el alumno
Ciencia	
Química	
Material	
Sustancia	
Sustancia elemental	
Sustancia compuesta	
Composición	
Partícula	

Son definiciones propuestas ya que pueden ser susceptibles a mejorarse o a corregirse con la actividad siguiente. Existe también la posibilidad de que algún alumno no pueda proponer alguna de ellas y es válido. Esta opción abre un abanico de posibilidades a cerca del por qué el alumno no es capaz de plantear alguna definición. Será labor del profesor averiguarlo.



A7. Integración conceptual

A7.1 Propósito

Se integrarán, relacionarán y jerarquizarán los conceptos que se abordaron durante la secuencia didáctica.

Contenidos:	
<i>Conceptuales:</i>	Ciencia, química, materiales, mezcla, sustancia, sustancia compuesta, sustancia elemental, composición.
<i>Procedimentales:</i>	Integrar la información, discutir y analizar, organizar, hacer relaciones, clasificar, elaborar mapas.
<i>Actitudinales:</i>	Buscar coherencia entre datos, analizar y jerarquizar información.

A7.2 Justificación

Se recomienda que en toda secuencia didáctica, el profesor guíe el aprendizaje del alumno, que en la medida de lo posible aclare dudas o inquietudes de los alumnos, no necesariamente dando la respuesta explícitamente, sino buscando maneras apropiadas para que el alumno las identifique o contraste sus ideas. La habilidad del profesor será la que determine esas formas que contrasten las ideas del alumno, ya que cuando al alumno se le da la oportunidad de hacer preguntas y/o cuestionamientos los profesores se enfrentan a una “dimensión desconocida”, es decir los alumnos manifiestan preguntas que ni el propio docente había considerado.

Cuando ocurran estos casos, se sugiere mostrar humildad y recurrir a la investigación de dicho cuestionamiento y resolver tal inquietud en alguna clase próxima. De lo contrario el alumno podría sentirse no tomado en cuenta y se correría el riesgo de perder un alumno que busque respuestas y se maraville del mundo que le rodea.

Si bien se pueden ir puliendo algunas dudas a lo largo del trabajo, se requiere que al final de la secuencia se realice un cierre por parte del profesor en el que participen de manera activa los alumnos, para que aquellas inquietudes que se rezagaron se resuelvan en ese momento.



A7.3 Descripción de la actividad

1.- Llegar acuerdos en plenaria para cada definición, es decir, entre todo el grupo se construirán los conceptos, de ésta manera los alumnos del grupo manejarán definiciones comunes.

Trabajo individual
Para entregar



2.- Con la intención de evaluar al alumno y a la secuencia se sugiere:

- * Que realicen un mapa conceptual con el glosario de la propuesta.
- * Contestar una vez más el instrumento propuesto al inicio de la secuencia didáctica y comparar resultados de ambos.

Una vez entregado ambos trabajos al profesor, se procede a concluir:

- Ciencia en función de sus fines sociales.
- Características de la ciencia: uso de metodologías, la importancia de la observación, la búsqueda de regularidades.
- La química como una ciencia
- La *química* en función de la *obtención de nuevas sustancias*
- El concepto de *materiales*
- Transferir el énfasis de “*la materia*” a “*los materiales y las sustancias*”
- Definir *mezcla* como *un material constituido por varias sustancias*
- Dar el mismo estatus a las *sustancias compuestas* y a las *elementales* (el de sustancias) nombrándolas con el sustantivo *sustancia* y con los adjetivos correspondientes
- Dar denominaciones distintas a los conceptos *sustancia elemental* y *elemento*
- Distinguir *composición (sustancial) de las mezclas* de la *composición (elemental) de las sustancias*
- Identificar las *sustancias compuestas* y las *sustancias elementales* en función de su composición elemental



Comentarios finales

Alcance de este trabajo

La propuesta de redefinición de los conceptos base de la química, hecha por Sosa, es meramente empírica. Responde básicamente a su experiencia como docente en el aula. La secuencia didáctica ya presentada, aterriza las ideas teóricas de Sosa, las ubica dentro de la teoría del lenguaje y su importancia en la enseñanza de las ciencias. Esta parte es la investigación bibliográfica plasmada en el marco teórico.

La propuesta de Sosa es indiscutiblemente una propuesta que tiene como centro, el lenguaje. Consiste en actualizar, simplificar y contextualizar las definiciones de los conceptos base. La clasificación de la materia en “mezclas y sustancias puras” es un fósil que ha permanecido en el lenguaje químico desde la época en que no sabíamos nada (o casi nada) sobre la materia hasta la actualidad. La pregunta no es si la materia es pura o impura sino cuántas (y cuáles) sustancias constituyen un cierto material.

En química es común decir frases como: “el aire es una mezcla porque contiene muchos compuestos”. Pero no es cierto. Los dos principales componentes del aire, el oxígeno y el nitrógeno, no son compuestos sino elementos. El problema surge de la falta de un concepto (y su palabra asociada): *sustancia*. Si donde dice “muchos compuestos” dijera “muchas sustancias” la frase sería totalmente correcta. El concepto sustancia está prácticamente ausente en los cursos y en los libros de química.

Muchas veces, la forma de enseñar estos conceptos es un enredo lingüístico tal, que hace que los alumnos entiendan por *compuestos* lo que los químicos llamamos *mezclas* y por *elementos* lo que los expertos denominan *sustancias*. Sin embargo, usar el concepto sustancia nos permitiría decir *sustancias compuestas* y *sustancias elementales* dejando muy claro que ambas son sustancias y *compuestas* y *elementales* son los adjetivos que califican al sustantivo *sustancias*.

Del mismo modo, *mezcla* es difícil de definir porque hace falta otra palabra: *material*. En la presentación tradicional se sabe que una mezcla es *algo* que contiene varios componentes. Pero, ¿qué es ese *algo*? Sin la palabra adecuada, lo que se hizo fue torcer las ideas, complicar los conceptos y tratar de hacerlos cazar artificialmente. Este enorme problema se puede resolver introduciendo el término *materiales*.



Los químicos están acostumbrados a usar la palabra *elemento* según sea el contexto. A veces se refiere a las sustancias simples que no pueden descomponerse por medios químicos y, otras veces, se refiere a los átomos con cierto número de protones que constituye parte de las partículas que integran a la sustancia y que representamos mediante una o dos letras en las fórmulas químicas. Es claramente un caso de una palabra polisémica. El primer significado está en todos los libros y se habla ampliamente de él en los cursos de química, sin embargo, del segundo no hay nada, absolutamente nada. El alumno tiene que descubrir este segundo significado por sí solo. Es decir, a los actuales químicos también les enseñaron sólo uno de los dos significados; el otro lo descubrieron ¡quién sabe cómo! Para superar este problema, Sosa propone usar palabras diferentes para cada concepto: dejar *sustancias elementales* para las sustancias simples y *elemento* para las entidades neutras mononucleares de las fórmulas químicas. Así, *sustancia elemental* se refiere a material real y concreto, con propiedades macroscópicas apreciables; mientras que *elemento* es parte del lenguaje simbólico de la química.

Desde la secundaria hasta el bachillerato, se imparten varios cursos de química. Se les obliga a los alumnos a memorizar nombres y símbolos. Se les pide que imaginen mundos invisibles e intangibles y que traten de explicar lo que ocurre a nivel macroscópico, que realicen extensos e incomprensibles cálculos químicos. Pero nunca de los nunca se les dice de qué trata la química. La definición de una disciplina debe ser clara y precisa. Y, por supuesto, debe corresponder con lo que realmente es esa disciplina.

Así la propuesta de Sosa, con un marcado enfoque pedagógico, actualiza las definiciones, al mismo tiempo que les da orden y coherencia. Una parte del trabajo en esta tesis fue encontrar los referentes teóricos que sustentan su proposición.

No importa qué tan buena sea una definición, no basta para enseñar. Se tiene que tomar en cuenta todo lo demás que los investigadores educativos han encontrado en los últimos tiempos:

- La importancia de las concepciones alternativas
- La importancia del entorno socio-cultural
- La importancia de la reflexión
- La importancia de operar con los conceptos adquiridos
- La importancia del tiempo para digerir las ideas
- La importancia de diseñar *ex profeso* las actividades didácticas de un curso.



La segunda aportación en este trabajo fue la de proveer una secuencia didáctica concreta y específica para la presentación de la propuesta de Sosa. En esta secuencia didáctica se pretendió aplicar algunos de los conocimientos pedagógicos y educativos (los que se consideraron pertinentes para el tema) adquiridos durante la maestría.

En resumen, este trabajo solventa la valiosa propuesta teórica disciplinaria de Sosa en dos sentidos: aportando el marco teórico que la sustenta y la aplicación didáctica concreta para impartirla en un aula real.

Vale la pena señalar que estas dos aportaciones son independientes de la propuesta de Sosa. Es decir, este tipo de trabajo se podría desarrollar con cualquier otra propuesta y con cualquier otro tema.



Recomendaciones didácticas

El lenguaje se ha desarrollado a lo largo de la historia. Éste continúa avanzando como producto de la inteligencia humana. De la misma manera, desarrollar el concepto *palabra* también ha requerido de muchas décadas en las que se ha intentado suprimir la ambigüedad que en algún momento dado de la historia haya presentado un concepto determinado. Tan es así que si miramos hacia atrás se encontrarán significados diferentes que se le atribuían a un concepto y que actualmente ese significado ha evolucionado.

Ante el panorama planteado, resulta ingenuo suponer que los alumnos entenderán los conceptos sólo por escucharlos, cuando estos se han ido construyendo lenta y colectivamente desde la antigüedad. Por otro lado, en el caso de la química, dichos conceptos son básicamente ajenos a los estudiantes. Además, los alumnos emplean palabras que se usan en química pero que el significado que le atribuyen es muy distinto al que le atribuyen los científicos.

Lógicamente, el pensamiento del adolescente va a estar influido, entre otros muchos factores, por su entorno social y cultural. El medio, sin lugar a dudas, le proporcionará problemas que enfrentará y que le permitirán apropiarse de nuevos conceptos. Por ello, la escuela debería ser un espacio en el que se le confronte con la naturaleza y se le planteen retos que lo lleven a superar un nivel operatorio concreto promoviendo que su participación, no sólo en el aula, sea más activa.

El alumno ha construido una serie de conceptos propios en un intento por comprender su entorno. Estas concepciones son otras distintas de las que poseen los científicos y los grandes pensadores de nuestra sociedad. Son concepciones alternativas a las científicas. Sin embargo, para los fines de la educación, esto no es malo sino al contrario. Las concepciones alternativas de los alumnos, en realidad, representan una mina de oro para el docente: ¡ya llevan la mitad del camino andado!

Desde el punto de vista pedagógico, se sugiere tomar en cuenta las concepciones alternativas para que, a partir de ellas, los alumnos comiencen a construir el conocimiento científico.



Algunos autores como Correa, N.; Rodrigo, M.¹⁶⁷ han señalado que estas concepciones alternativas no se cambian de la noche a la mañana, sino que se requiere un largo proceso de reestructuración mental que puede durar muchos años. La tendencia es evitar subestimar el pensamiento del alumno, respetando tales ideas y qué mejor que utilizarlas para avanzar en ese complejo proceso del aprendizaje.

Retomando la idea del pensamiento de los adolescentes así como la relación del lenguaje utilizado en clase, se elaboró una propuesta en la que se toman en cuenta los puntos anteriores, en ella se parte de un lenguaje cotidiano y de su mundo concreto en el que se intenta dotar al alumno de herramientas para que en el avance progresivo, más tarde sea capaz de comprender conceptos más elaborados y más abstractos.

Suena trillado el asunto, pero se comentará una vez más, el problema de la enseñanza es vasto en la lista de factores negativos que impiden que al alumno alcance los propósitos que se plantea el docente. La secuencia presentada es sólo una propuesta de cómo abordar los conceptos base de la química. Esto no quiere decir que con ella se resolverá el problema de la educación, es probable que presente sus limitaciones y puntos negativos, no obstante tiene la bondad de ser flexible ya que cualquier docente que la ponga en práctica podrá adaptarla incluso a las condiciones de su grupo, o hacer las modificaciones que él o ella considere pertinentes.

Cabe destacar que no sólo se está considerando un nivel conceptual. Es decir, las actividades o las estrategias planteadas también deben promover el desarrollo de habilidades (desde las prácticas hasta las mentales) así como la de fomentar valores en los jóvenes, si se piensa en una formación integral.

Para finalizar, se presentan una serie de puntos en los que se invita a todo docente a reflexionar y a actuar, ya que ellos junto con los alumnos son los actores principales de este proceso de enseñanza-aprendizaje. La función del profesor es imprescindible en la orientación de la enseñanza en los alumnos:

¹⁶⁷ Correa, N.; Rodrigo, M. Teorías implícitas, modelos mentales y cambio educativo. En Pozo, I. y Monereo, C. (Eds.): *Un currículum para aprender. Las estrategias de aprendizaje como contexto educativo*. Madrid, España. Santillana. 1998.



1.- Que no pierda de vista la historia de la ciencia, especialmente de la química, pues en ella se encuentran muchas explicaciones sobre cómo el conocimiento ha llegado a articularse, sobre el origen de algunos conceptos así como la función que estos tenían en una época dada.

2.- Qué noción de ciencia es la que se quiere mostrar a los alumnos:

- Una ciencia en la que se le da sólo peso a la observación para obtener conocimiento (concepción clásica), o sólo lo logra la experimentación (empirista) o la razón (racionalismo).
- En la que se habla de una ciencia objetiva y por tanto una observación y experimentación objetiva.
- En la que la ciencia se construye sólo gracias al Método Científico y nos conduce a la verdad.
- Ver a la ciencia como una acumulación de conocimientos, de leyes, teorías y hechos. Y en la que los conceptos son el fundamento de ese conocimiento.

O aspirar a enseñar:

- una ciencia en la que se identifican problemas y se trabaja para solucionarlos. Que no puede ser objetiva siempre ya que está condicionada por lo que puede aportar una persona con un determinado nivel de sensibilidad, de diversos conocimientos, etc. Por ello, en ocasiones no hay un solo resultado o lo hay pero existen varias interpretaciones del mismo.
- La ciencia ha empleado diversos métodos para obtener un resultado: el deductivo, inductivo, de análisis y síntesis, experimental, axiomático, matemático, de observación, medición, heurísticos, etc. Y que intenta en la medida de lo posible acercarse a la verdad.
- Además una ciencia definida como una actividad que busca resolver problemas sociales, no alejada de la ciudadanía y que tiene un impacto muy importante en la vida común y corriente de la gente.
- Que existen comunidades científicas que discuten, analizan y proponen posibles soluciones, espacios en los que se puede debatir y compartir nuevos trabajos que impactan a la sociedad ya sea positivamente o negativamente.
- Y que para hacer labor científica hay que hacer uso de la imaginación, de la creatividad, de la paciencia y de sacrificarse por ella.



- 3.- Del bosquejo anterior, acercarlos a situaciones reales que estén viviendo de manera directa o indirecta. De esta forma mostrar una ciencia dinámica y en constante evolución.
- 4.- Elaborar estrategias o secuencias didácticas contextualizadas en las que, además, se contemplen sus concepciones alternativas, se parta de un modelo cotidiano (desde el lenguaje hasta la forma de ver al mundo) para que gradualmente se les presente una química más compleja y elaborada.
- 5.- Permitir a los alumnos manifestar sus inquietudes y dudas que puedan tener, aunque en ocasiones el mismo docente no conozca las respuestas, y no porque no domine su disciplina sino porque se promueve tanto la confianza para que elaboren preguntas que los alumnos logran en ocasiones trasladar lo que han aprendido a otros campos del conocimiento que no es dominio del docente.
- 6.- Las actividades, estrategias o secuencias didácticas se sugiere siempre que se concluyan, el docente cerrará con la ayuda de los alumnos.
- 7.- Promover durante las actividades que los alumnos intenten explicar situaciones y/o definiciones (con apoyo del docente) para que se evite en la medida de lo posible crear diccionarios ambulantes.
- 8.- Formar sujetos con capacidad de decisión; críticos, libres, autónomos, sensibles, reflexivos, creativos, con imaginación, etc.



Pasos a seguir

Habría que probar la bondad de la secuencia didáctica en el aprendizaje de los conceptos básicos de la química, tal y como los propone Sosa. Es decir, es necesario realizar una investigación sobre qué es lo que saben los alumnos antes y después de la secuencia didáctica. Esta investigación tendría que realizarse con la metodología adecuada y con el rigor propio de las investigaciones educativas.

Aunque falta mucho por hacer, ya he adelantado un poco. La secuencia didáctica se presentó a un grupo durante la práctica docente¹⁶⁸. A continuación se presenta lo que se avanzó en esta dirección.

Avances del trabajo

Diseño y etapas

✦ Planteamiento del problema

Es necesario poner mayor atención al empleo del lenguaje en la enseñanza de la química. Es decir considerando que la disciplina posee su propio lenguaje, conviene partir de términos cotidianos que los alumnos conocen y entienden para que poco a poco se introduzca la terminología científica. Ante ello es necesaria la reflexión sobre cómo emplean los docentes el lenguaje al impartir clases.

La atención debe darse desde el inicio del curso de química. Los adolescentes conocen poco la química, por lo tanto, no tienen claros los conceptos básicos de esta disciplina como: química, sustancias, materiales, etc. Lo relevante es que estos conceptos pertenecen a un pensamiento concreto. Si estos no los comprenden, difícilmente se puede avanzar hacia conceptos más abstractos.

✦ Recopilación necesaria para abordar la investigación

Revisión de material bibliográfico que sustentó el marco teórico el cual respalda la propuesta y la secuencia didáctica presentadas.

✦ Identificación de la población de estudio y determinación de la muestra requerida.

¹⁶⁸ Asignatura que forma parte de la maestría.



La secuencia didáctica se elaboró para los estudiantes de bachillerato, especialmente para el primer curso de química, sin embargo está adaptada para que pueda ser aplicada a estudiantes de semestres posteriores, como una forma de repaso. Se recomienda que la secuencia se presente al inicio del curso.

Tomando en cuenta que la práctica docente se realizó en cursos de química III y química IV correspondientes al quinto y sexto semestre en el Colegio de Ciencias y Humanidades, la secuencia se presentó a 29 estudiantes que tenían una edad entre 17 y 18 años al inicio del curso de química IV.

- ✦ Elaboración de un instrumento (ver páginas 77 y 78) que permitió conocer las concepciones alternativas que poseen los estudiantes sobre el tema.

Se elaboró un instrumento (presentado en el capítulo VII como parte inicial de la secuencia) que se incluyó como parte de una de las actividades de la secuencia didáctica. Este se aplicó como prueba piloto a un grupo de 28 alumnos que cursaba química III del Colegio de ciencias y Humanidades (agosto 2004) y a otro grupo de 32 estudiantes del Colegio Madrid (junio 2004). Posteriormente se aplicó como parte de la secuencia didáctica a un grupo experimental de 29 alumnos y a un grupo testigo de 28 alumnos. Algunas respuestas se presentan en el anexo 3.

- ✦ Elaboración de la propuesta de secuencia didáctica

De acuerdo a la información recopilada, se elaboró una propuesta de secuencia didáctica que tiene como propósito abordar algunos conceptos básicos ya mencionados. Esta permite que los estudiantes confronten sus propias ideas con las aceptadas por la disciplina. Busca que ellos mismos construyan su propio aprendizaje, además de promover actitudes y habilidades durante el desarrollo de la misma.

Instrumento para conocer concepciones alternativas

El instrumento se elaboró considerando las concepciones alternativas reportadas en la literatura sobre el tema y tomando en cuenta la propuesta de Sosa al respecto.

Las preguntas se construyeron cuidadosamente, evitando en la medida de lo posible que fueran confusas y subjetivas, con la intención de conocer sus conocimientos del tema y al mismo tiempo invitándolos a la reflexión y a la inquietud. Se contempló la idea de que aún cuando en



clase se emplea la palabra sustancia, pocas veces los docentes se han ocupado por aclarar tal concepto.

Las preguntas del instrumento construido son abiertas, lo que genera una gran gama de respuestas que dan los alumnos. Esta característica es acorde a lo que pretende el instrumento. Las respuestas expresadas reflejan el pensamiento y el conocimiento que tiene el sujeto sobre sustancia, química, materiales, incluyendo la representación de sus modelos que emplean para entender algo que no ven.

El diseño del instrumento se elaboró con apoyo de profesores que poseen experiencia en investigación didáctica. Las sugerencias se tomaron en cuenta incluyendo la forma de elaborar la pregunta y el orden mismo de cada una de ellas. De esta manera se obtuvo un instrumento que se aplicó a manera de prueba piloto a 60 alumnos que cursaban el bachillerato, 29 de quinto semestre que estaban estudiando su tercer curso de química en ese nivel en el CCH y 32 del Colegio Madrid. En esta parte fue importante acercarse a los alumnos para preguntar si era claro lo que tenían que hacer o prestarse a aclarar dudas, con el fin de mejorar el instrumento.

Dentro de las sugerencias al instrumento por parte de una investigadora psicóloga, experta en adolescentes, fue la de modificar el orden de las preguntas. De la misma manera se hizo una prueba piloto con un grupo de 20 alumnos de quinto semestre y los resultados obtenidos no variaron (cualitativamente) de manera significativa. Cabe destacar que no había tiempo límite para contestar las preguntas del instrumento. Además, se les pedía que respondieran con tranquilidad. Para ello era importante que el aplicador estuviera presente para explicar la intención de la actividad y la importancia del sondeo que se estaba realizando además de aclarar que no se trataba de un examen. También se hizo la solicitud de responder de manera seria, e individual.

Aplicación del instrumento

El instrumento no sufrió modificaciones, por lo tanto el siguiente paso fue aplicarlo antes de presentar la secuencia didáctica (pretest) y al final del curso (postest) a una población experimental de 29 alumnos del Colegio de Ciencias y Humanidades, Plantel Sur que cursaba la asignatura de Química III. Al mismo tiempo se aplicó el mismo instrumento a un grupo testigo de 28 alumnos, al inicio del curso y al final del mismo. A este grupo no se le mostró la propuesta de secuencia didáctica



El instrumento consta de cinco secciones, cada sección tiene un propósito específico y se enfoca a un concepto o conceptos determinados.

Sección	Conceptos	Propósito
I	Química	Detectar si sabe cuál es el objeto de estudio de la química
II	Sustancia	Conocer qué entienden por sustancia
III	Sustancia y material	Si distinguen entre sustancia y material
IV	Partícula y modelo	Priorizar el concepto de modelo, ya que se utilizará posteriormente
V	Sustancia	Detectar si son conscientes de que conviven con sustancias y si entienden el concepto.

Validación del instrumento

Para que todo instrumento sea confiable es conveniente validarlo. En este caso no se empleó ningún programa estadístico para hacerlo. Sin embargo se tuvo el siguiente respaldo:

1. Las preguntas se diseñaron considerando la orientación de la Dra. Leticia Gallegos y la Dra. Roxana Pastor F., así como la asesoría del Dr. Plinio Sosa Fernández.
2. Se realizó una prueba piloto a 60 alumnos. Luego, se aplicó el mismo instrumento a otros 20 alumnos pero habiendo modificado el orden de las preguntas.
3. Se elaboró el instrumento tomando en cuenta las concepciones alternativas de los alumnos reportadas en la literatura, producto de algunas investigaciones sobre el tema y considerando la propuesta de Sosa, P.
4. Se aplicó de manera personal haciendo caso a dudas y posibles problemas de entendimiento en las pruebas piloto y en cada caso se conminó a los alumnos a responder de manera seria, clara y sin presiones.
5. Antes de aplicarlo, los alumnos no estaban enterados de que contestarían un cuestionario que sería útil en este trabajo.

Resultados y análisis del instrumento en la prueba del grupo experimental

Los criterios para aceptar (1) o rechazar (0) las respuestas que dieron los alumnos en cada sección son los siguientes:



Sección I:

Para acceder al 1 en toda la sección se requiere que las ocho respuestas sean aceptadas

Sección II:

Para aceptar (1) el bloque completo es necesario que estén correctas las respuestas correspondientes al agua y al aire (pregunta 2 y pregunta 5). Se puede rechazar sólo una respuesta que corresponda a las preguntas 1,3 o 4, de lo contrario el bloque obtiene el 0

Sección III:

Para obtener 1, es necesario aceptar toda la sección: tanto la respuesta como el argumento que corresponde tanto a sustancias y materiales, ya que en esta parte se indaga la diferencia entre estos términos.

Sección IV: Este bloque se divide en 4 "preguntas" es aceptado (1) si cumple con:

- 1.- si sus modelos contemplan el espacio entre partículas para sólidos, líquido y gas
- 2.- que no le den las características de lo macroscópico a lo nanoscópico
- 3.- si emplean alguna simbología química
- 4.- si utilizan algún modelo para representar la estructura interna

Sección V:

Para dar el valor de 1 a esta sección, es necesario que las tres respuestas estén correctas



Universidad Nacional Autónoma de México.

Muestra: 29 alumnos

Escuela: CCH Azcapotzalco Gpo 513

Edad 11 de 16, 16 de 17, 2 de 18

I. Entre paréntesis se colocó la frecuencia de respuestas que dieron los alumnos en ese grupo con respecto a: si la química estudia o no los materiales señalados. Del lado derecho se presentan algunas respuestas que dieron para justificar sus respuestas dadas.

Material y frecuencia de respuestas	Justificación
Pirámide + si (10) + no (16) + no contestó (3)	+ Todo tiene que ver con química. + Esta constituida químicamente. + Estudia los materiales con que esta hecha. + La estudia la geología.
Combustión + si (29) + no (0) + no contestó (0)	+ Proceso químico. + Es una reacción. + Se queman carbohidratos. + Resultado de una sustancia con gas o fuego. + Transformación de la materia. + Cambios. Proceso que utiliza la química. + Reacción que libera CO ₂ .
Agua + si (28) + no (1) + no contestó (0)	+ Disolvente universal. + Es elemental tiene H y O. + Tiene dos compuestos. + Disolvente universal. + Compuesto de dos elementos. + Propiedades y composición.
Petróleo + si (28) + no (1) + no contestó (0)	+ Se transforma en productos útiles. + Es materia prima. + Extracción, refinación. + Hay hidrocarburos. + Petroquímica. + Composición y los materiales que se producen.
Planeta + si (21) + no (6) + no contestó (2)	+ Tiene muchos compuestos. + Todo el mundo tiene interacción con la química. + La vida con la química. + Compuesto de átomos y moléculas. + Lo estudia la geografía.
Aspirina + si (26) + no (3) + no contestó (0)	+ Esta compuesta químicamente. + Es una sustancia química formada por compuestos. + Es un compuesto. + Compuesta de sustancias químicas. + Hay grupos funcionales
Corrosión + si (28) + no (1)	+ Participa el agua o el oxígeno. + Desgaste de metales. Proceso químico. + Oxidación.



✚ no contestó (0)	✚ Es una propiedad del metal.
Seres humanos	✚ Estamos químicamente constituidos.
	✚ Es química.
✚ si (17)	✚ Ocurren procesos químicos.
✚ no (12)	✚ Hay cambios químicos.
✚ no contestó (0)	✚ En sus procesos interviene el hombre.

Algunos de los argumentos más comunes en los que afirmaban que la química NO estudiaba al material propuesto se presentan a continuación:

- *La pirámide no la estudia la química porque pienso que está más relacionada con matemáticas ó porque no hay ninguna sustancia de por medio.*
- *Los seres humanos son estudiados por la biología no por la química.*

Afirmaciones en las que se destaca la idea de reacción química o presencia de sustancias:

- *La corrosión sí la estudia la química porque es una reacción química.*
- *El agua es estudiada por la química porque es un elemento químico*
- *El planeta sí lo estudia la química porque estudia cambios que sufre la materia*



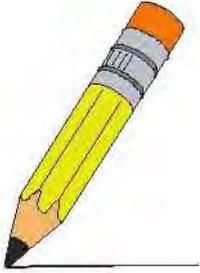
II. En la columna que corresponde a las respuestas, del lado izquierdo de cada palabra se colocó un número que indica la frecuencia de esa respuesta. Se recuerda que en esta sección el alumno respondió qué sustancias contiene el material indicado.

Material	Respuestas
Diamante	<ul style="list-style-type: none"> + 13 Carbono + 5 Minerales + 1 Diferentes elementos + 1 Cristales + 1 Oxígeno + 1 Plata + 1 Agua + 1 Oro.
*Agua	<ul style="list-style-type: none"> + 29 Oxígeno + 29 Hidrógeno.
Tornillo de acero inoxidable	<ul style="list-style-type: none"> + 16 Hierro + 6 Metal + 6 Acero inoxidable + 1 Carbono + 1 Aluminio + 1 Cobre + 1 Bronce.
Miel	<ul style="list-style-type: none"> + 8 Carbohidratos + 7 Azucares + 7 Glucosa + 3 Agua + 2 Hidrogeno + 2 Proteínas + 1 Néctar + 1 Polen + 1 Sacarosa + 1 Lípidos
Aire	<ul style="list-style-type: none"> + 22 Oxígeno + 6 Carbono + 9 Dióxido de carbono + 8 Hidrógeno + 3 Nitrógeno + 1 Ozono + 1 Fósforo

La respuesta que más llama la atención es la del agua*, la cual consideran “aparentemente” desde el punto de vista de los químicos como una mezcla al mencionar dos sustancias: hidrógeno y oxígeno.



III. Las preguntas de esta sección se destacan con las letras: a, b, c, d, e y f. Cada una posee sus respuestas y la frecuencia.



a. ¿Logras identificar algún material? Si (29) No (0)

b. ¿Cuál (es)?

- + 22 Madera
- + 12 Grafito
- + 5 Goma
- + 5 Metal
- + 5 Lápiz
- + 6 Carbón
- + 1 Aluminio

c. ¿A qué le llamas material?

- + A los componentes, de lo que esta hecho el producto.
- + Lo forma algún objeto y es sólido, cosa que forman una cosa.
- + A lo que se utiliza para elaborar otras cosas.
- + A compuestos que se transforman en algo útil.
- + Partes de un objeto (de lo que está hecho).
- + A una cosa.
- + Alguna sustancia, mineral por el que esta compuesto.

d. ¿Hay alguna sustancia en el lápiz? Si (19) No (8) Sin responder (

2)

e. Cuál (es)

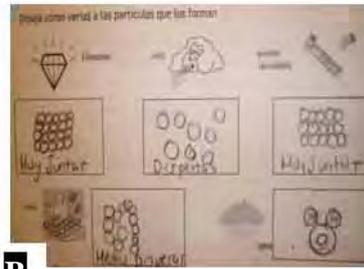
- + 13 grafito
- + 6 carbón

f. ¿Cómo sabes que es una sustancia?

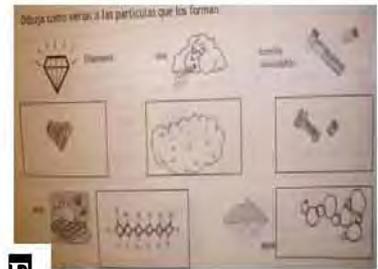
- + 5 Es solvente
- + 5 compuesto
- + 3 Es líquido
- + 1 Deriva del petróleo

- *A compuestos que se transforman en algo útil.*
- *Alguna sustancia, mineral por el que esta compuesto.*

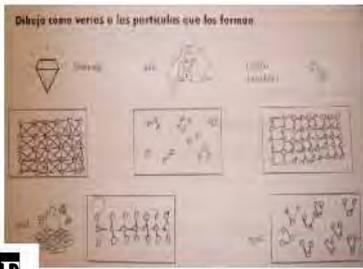
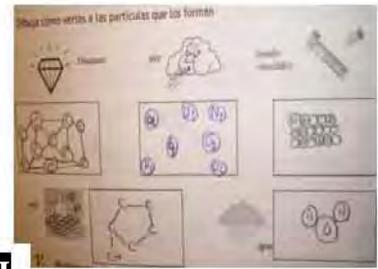
IV. Dibuja cómo verías a las partículas que los forman

**A****B**

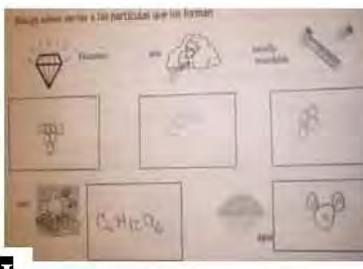
A y B: Modelos en los que consideraron la naturaleza discontinua de la materia. Idea del vacío.

**C****D****E**

C, D y E: Las características macroscópicas de la materia están presentes en las partículas que forman a las mismas

**F****G****H**

F, G y H: Modelos más elaborados en los que incluyen representaciones de una estructura interna: ordenamiento de las bolitas y representación de “redes cristalinas”.

**I****J**

I, J: Estas representaciones tienen la característica de incluir una simbología específica de la química tal como las fórmulas.



V. Las respuestas que dieron en esta sección se clasificaron de acuerdo a los estados de agregación. Del lado izquierdo de cada respuesta se encuentra el número que indica la frecuencia de cada una.

Sólido	Líquido	gas
+ 2 Carbono	+ 21 Agua	+ 5 Aire
+ 2 Medicamentos	+ 8 Alcohol	+ 5 Oxígeno
+ 2 Tierra	+ 8 Cloro (“cloralex”)	+ 3 Hidrógeno
+ 1 Alimentos	+ 3 Aceite	
+ 1 Calcio	+ 2 Gasolina	
+ 1 Gel	+ 2 Leche	
+ 1 Metales	+ 1 Miel	
+ 1 Suelo	+ 1 Perfume	
	+ 1 Refresco	
	+ 1 Acetona	
	+ 1 Bebidas	
	+ 1 Mertiolate	
	+ 1 Jugo	
	+ 1 Vinagre	
	+ 1 Sangre	

La mayoría de los alumnos de este grupo coincide en poner como ejemplo de sustancia al agua, respuesta que se contradice con las dadas en la sección II en el que al agua le asignan dos sustancias dentro de su composición: el oxígeno y el hidrógeno.



Comparación entre grupos: experimental y testigo

A. Pretest (inicio del curso)

B. Posttest (fin del curso)

Sección	Gpo. 513 (29 alumnos)	Gpo. 519 (28 alumnos)
I	4	7
II	0	0
III	0	1
IV	1	0
V	7	6

Sección	Gpo. 513 (26 alumnos)	Gpo. 519 (27 alumnos)
I	11	9
II	2	5
III	9	3
IV	1	1
V	7	2

El grupo 513 fue el grupo experimental al que se le presentó la propuesta de secuencia didáctica. El 519 fue el grupo testigo. A ambos grupos se les aplicó el *instrumento* (pp 77-78) al inicio del curso y antes de la presentación de la secuencia en el caso del 513. Asimismo se volvió a aplicar a los dos al finalizar el curso.

El número arábigo representa el número de alumnos a los que se les aceptaron sus respuestas de acuerdo a los criterios establecidos (pp 123) para cada sección del *instrumento*.

*Como se aprecia en el cuadro A las diferencias son relativamente mínimas entre ambos grupos al inicio del curso.

*Comparando el cuadro A con el B (entre los mismos grupos) las diferencias ya son más representativas, por ejemplo el grupo 513 paso de 4 alumnos con respuestas aceptadas a 11 en la sección I, de 0 a 9 respuestas aceptadas en la sección III, aunque en la sección V no hubo diferencia. Por otro lado el grupo 519 también tiene un ligero avance del inicio del curso al final del mismo.

*Comparando los grupos en el cuadro B, se observa una mínima diferencia entre los dos sobre todo en la sección III y V (antes y después no varía el número de alumnos con respuestas



aceptadas en el grupo 513 en la sección V), pero hubo más alumnos con respuesta aceptadas en el grupo 519 en la sección II.

Respecto al nivel conceptual (comparando el antes y el después en el grupo 513):

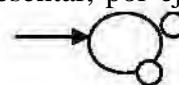
En la sección I se presenta un aumento aparentemente significativo de alumnos a los que se les aceptaron sus respuestas sobre el campo de estudio de la química, pues estos alumnos en sus respuestas incluyen a las sustancias, compuestos, elementos o la idea de cambio y de reacción química como una característica asociada a ésta disciplina.

Las secciones II, III y V están enfocadas a conocer las ideas que tienen los alumnos sobre el concepto de sustancia. Las preguntas están planteadas de diferente forma de tal manera que al analizar los resultados se puedan contrastar o tener información un poco más precisa sobre tal concepto.

Las tres secciones antes mencionadas varían en cuanto al número de alumnos con respuestas aceptadas, según el cuadro B. Lo cual puede indicar que el concepto de sustancia es aún poco preciso para el alumno. Confusión que involucra conceptos asociados al de sustancia tales como mezcla, compuesto y elemento.

Por ejemplo, en la sección II, un alumno considera al agua como un material formado por dos sustancias: hidrógeno y oxígeno, en la sección III pone al grafito como una sustancia que se encuentra en el lápiz justificando que para él “una sustancia es un mineral por el que está compuesto” y ese mismo alumno señala ejemplos de sustancia en la sección V al agua, shampoo y aire.

Prácticamente los modelos que dibujaron los alumnos sobre el mundo abstracto, muestran algunas concepciones alternativas conocidas y señaladas en la literatura como: recurrir al mundo de bolitas, asignarle a esas bolitas características macroscópicas a la partículas que representan el mundo nanoscópico, la influencia de la instrucción escolar al representar, por ejemplo, al agua como suelen hacer los profesores.



Con este análisis meramente cualitativo se puede concluir los siguientes puntos:



Las diferencias entre los grupos experimental y testigo, así como entre el pre y pos test son mínimas debido a:

- 1.- Se trabajó con una muestra sumamente pequeña como para hacer un análisis más profundo.
- 2.- El supervisor de la práctica docente daba clases en el grupo 519 y es probable que hubiera influencia (inconscientemente) hacía el grupo por parte de él y en consecuencia contaminación de información.
- 3.- La reestructuración cognitiva no se da de la noche a la mañana.

Anexos

1.- Definiciones

Propuestas por Sosa, P.

Glosario

Química.- Es la ciencia que estudia todo lo relacionado con los *procesos en los que se forman unas sustancias a partir de otras*. La única manera de saber si un determinado proceso es químico es identificando las sustancias antes y después de que ocurra. Para ello se requiere de personal y equipo especializados. En los procesos químicos, *no se conservan las sustancias* pero sí se conserva la masa.

Materia.- Es todo aquello que tiene masa y ocupa un lugar en el espacio. Este término engloba todos los cuerpos, objetos y seres que existen en la naturaleza.

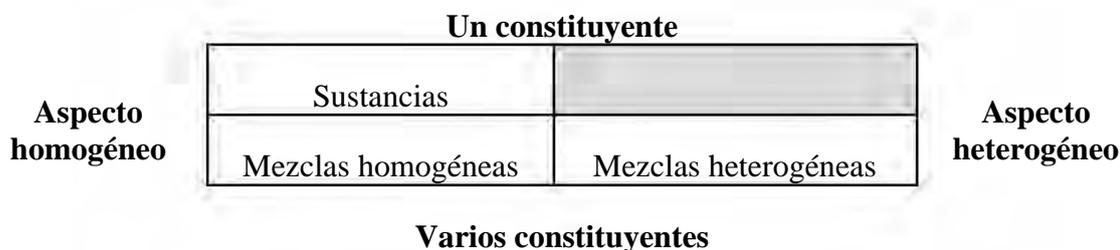
Materiales.- Son todas las sustancias y mezclas de sustancias de que están hechos los objetos, los seres y los cuerpos. Un determinado material puede estar constituido por una o varias sustancias.

Mezcla.- En química, se refiere a un material constituido por dos ó más sustancias. La *composición química de una mezcla* indica cuáles sustancias la constituyen y en qué proporción.

Mezcla heterogénea.- Es un material de aspecto heterogéneo constituido por varias sustancias. Heterogéneo significa que, *a simple vista, se distinguen dos o más fases*¹⁶⁹.

Mezcla homogénea.- Es un material de aspecto homogéneo constituido por varias sustancias. Homogéneo significa que *está constituido por una sola fase y no se distingue a simple vista que esté formado por dos o más sustancias*

Sustancia.- Son materiales de aspecto homogéneo de un solo constituyente. Cada sustancia posee un conjunto de propiedades específicas que la distinguen de las demás sustancias. Consisten de unas pequeñas partículas llamadas *iones, moléculas o átomos*. Se tienen registradas más de 28 millones de sustancias¹⁷⁰.



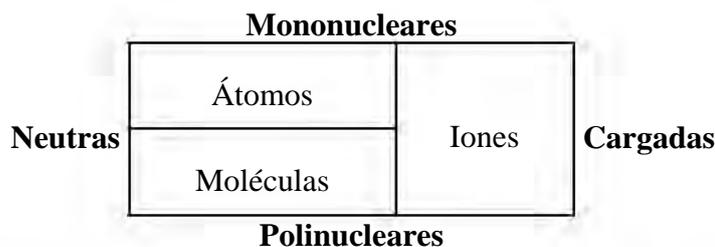
En la **figura 3** se muestra un diagrama de flujo para clasificar un determinado material.

¹⁶⁹ Estrictamente los científicos utilizan la palabra “fase” que proviene de un conocimiento científico de mayor nivel.

¹⁷⁰ <http://www.cas.org/cgi-bin/regreport.pl>



Partículas químicas.- Son las pequeñas unidades que integran a una sustancia. Son muy pequeñas y muy ligeras. Tanto que en unos cuantos gramos de cualquier sustancia hay del orden de un cuatrillón de partículas. Están constituidas por un cierto número de *núcleos* (con carga eléctrica positiva) interactuando con un cierto número de *electrones* (con carga eléctrica negativa). Pueden ser **iones** (partículas cargadas mono o polinucleares), **moléculas** (partículas polinucleares neutras) o **átomos** (partículas mononucleares neutras). La relación que hay entre sustancia y partícula es similar a la que hay entre manada y búfalo. Es decir, *sustancia* se refiere al conjunto, mientras que *partícula* se refiere a un solo individuo.



Núcleos.- Son la parte positiva de las partículas químicas. Concentran la mayor parte de la masa de las partículas que constituyen. Están formados por protones (con carga positiva) y neutrones (sin carga)

Electrones.- Son la parte negativa de las partículas químicas. No se puede saber cómo se mueven, ni su forma, ni su tamaño, ni su localización precisa. Se distribuyen por capas alrededor de los núcleos. Ocupan regiones inmensamente grandes (comparadas con el tamaño de los núcleos) llamadas *dominios electrónicos*.

Elemento.- Se refiere al átomo con cierto número de protones que constituye parte de las partículas que integran a la sustancia y que representamos mediante una o dos letras en las fórmulas químicas. Cada elemento se identifica por el número de protones que hay en su núcleo. Se conocen más de 100 elementos distintos. A cada uno se le ha dado un nombre y un símbolo químico (una abreviatura de una o dos letras) y se acostumbra agruparlos en la llamada Tabla Periódica de los Elementos. No son estables en forma aislada (excepto en el caso de los gases nobles). Sólo se estabilizan como parte de moléculas o de redes (metálicas, iónicas o covalentes).

Composición química.- Puede ser la composición sustancial de una mezcla o la composición elemental de una sustancia.

Composición sustancial de una mezcla.- Indica cuáles sustancias y en qué proporción la constituyen. Por ejemplo, el acero contiene 98 % de hierro y 2 % carbono.

Composición elemental de una sustancia.- Indica cuáles elementos y en qué proporción están presentes en su estructura. Por ejemplo, la composición del agua es H₂O. Quiere decir que en el agua hay 2 elementos de hidrógeno por cada elemento de oxígeno.

Sustancias compuestas.- Son aquellas que en sus partículas químicas contienen elementos de distinto tipo. Una *sustancia compuesta*, sometida a ciertas condiciones pero sin entrar en contacto con ninguna otra sustancia, reacciona para formar otras sustancias más simples llamadas *sustancias elementales*. Algunos ejemplos de sustancias compuestas son: agua (H₂O), bicarbonato de sodio, (NaHCO₃), benceno (C₆H₆), etanol (C₂H₆O), etcétera.



Sustancias elementales.- Son aquellas sustancias cuya estructura consta de elementos del mismo tipo, es decir, consisten de partículas químicas con núcleos con el mismo número de protones. Por ejemplo: Neón (Ne), oxígeno (O₂), fósforo (P₄), azufre (S₈), sodio (Na_n), carbono (C_n), etcétera. Sin hacerla reaccionar con alguna otra sustancia, es imposible obtener otras sustancias elementales, a partir de una sustancia elemental. Es decir, son las sustancias más simples posibles. Prácticamente no existen en la naturaleza en forma libre. El hombre las ha obtenido a partir de la descomposición de las *sustancias compuestas*.



2.- Formatos A6

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO S. A.

Forma A

"SABEMOS LO QUE TIENE... DESDE EL VERANO PASADO"

CCH-S a 22 de agosto del 2005

LE INFORMA:

	Costo
El material analizado contiene las siguientes sustancias:	
Hierro (Fe)	
Carbono (C)	
Cromo (Cr)	
Niquel (Ni)	
Manganeso (Mn)	
Silicio (Si)	
Azufre (S)	
Fósforo (F)	
	\$80.00

Químico: A. Lavoisier
Ced. Prof. 00001

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO S. A.

"SABEMOS LO QUE TIENE... DESDE EL VERANO PASADO"

Forma B

CCH-S a 22 de agosto del 2005

LE INFORMA:

El análisis realizado a su muestra arroja los siguientes resultados:

Nombre	Fórmula	Porcentaje m/m	Costo
Cloruro de sodio	NaCl	98 %	
Yodato de potasio	KIO ₃	1 %	
Fluoruro de potasio	KF	1 %	
			\$130.00

Químico: A. Lavoisier
Ced. Prof. 00001



LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO S. A.
"SABEMOS LO QUE TIENE... DESDE EL VERANO PASADO"

Forma C

CCH-S a 22 de agosto del 2005

LE INFORMA:

El análisis realizado a su muestra arroja los siguientes resultados:

Nombre	Fórmula	Costo
Caucho		
Nonoxinol-9		\$40.00

Químico: A. Lavoisier
Ced. Prof. 00001



Bibliografía

- Aguirre, A. Psicología de la adolescencia. Cap. 10 por Alonso, J. Identidad del adolescente. Edit. Boixareu Universitaria. Barcelona. **1994**, pp 178-183.
- Alvarado Z. C. Identificación de problemas en conceptos químicos fundamentales en los libros de texto de biología de secundaria. Implicaciones para el aprendizaje, México, Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. **2000**.
- Andersson, B. Pupils' explanations of some aspects of chemical reactions. *Science Education*. **1986**, 70(5), 549-563.
- Andersson, B. Pupils' conceptions of matter and its transformations, *Studies in Science Education*. **1990**, 18, 53-85.
- Aranzeta, C.G & Cepeda, M.L. *Introducción a la Física y Química. Un enfoque moderno y didáctico*. Ed. Textos Educativos. México, D. F. **1993**.
- Bazan, L. *Origen y contexto histórico del proyecto CCH*. CCH, UNAM. México. 1989, pp 95 Citado en. Guía del Profesor. Capítulo de Metodología. **1971**, pp 12.
- Benarroch B. A. El desarrollo cognoscitivo de los estudiantes en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*. **2000**, 18(2), 235-246.
- Beuchot, M. *Ensayos marginales sobre Aristóteles*. UNAM. México, D.F. 2da. Ed. **2004**.
- Borsese, A. Comunicación, lenguaje y enseñanza. *Educación química*. **2000**, 11 (2), pp 221.
- Borsese, A. Enseñanza , lenguaje, aprendizaje significativo: El caso de la química. *Didáctica de las ciencias y transversalidad*. **1998**, pp 361-366
- Calvo, P.; M. Araceli.; Martín, M. Análisis de la adaptación de los libros de texto de ESO al currículum oficial, en el caso de la química. *Enseñanza de las ciencias*. **2005**, 23 (1), pp 17-32.
- Camaño, A.; Mayos, C.; et al. Consideraciones sobre algunos errores conceptuales en el aprendizaje de la química en el bachillerato. *Enseñanza de las ciencias*. **1982**, pp 198-200.
- Cañal, P.; Porlán, R. Una experiencia de aprendizaje por investigación directa del medio en la formación de maestros. *Revista de educación*. **1987**, 284, pp 273.
- Cros, D.; Chastrette, M.; and Fayol, M. Conceptions of second year university students of some fundamental notions in chemistry, *International Journal Science of Education*. **1988**, 10(3), 331-336
- Crosland, M. *Estudios Históricos en el lenguaje de la química*. UNAM. México, D. F. **1988**.
- Chang, R. *Química*. Ed. McGraw Hill. 4ª ed. México. **1992**.
- Córdova, F. Esquemas de resolución de problemas de química general. Aspectos gramaticales, lógicos y matemáticos. Tesis de Doctorado. Departamento de Matemática Educativa del CINVESTAV. IPN. **1995**: 2.
- Córdova, F. El lenguaje de la química. *Contactos*. **1999**, 32, pp 59.
- Correa, N.; Rodrigo, M. Teorías implícitas, modelos mentales y cambio educativo. En Pozo, I. y Monereo, C. (Eds.): *Un currículum para aprender. Las estrategias de aprendizaje como contexto educativo*. Madrid, España. Santillana. **1998**.
- De Jaime, M. C.; Llopis, R. y Llorens, J. A. Lenguaje y adquisición de conceptos químicos. Un punto de vista semántico. *Enseñanza de las ciencias*, **1987**, Num. Extra, 239-240.



- De la Torre, S.; Barrios, O. *Estrategias didácticas innovadoras. Recursos para la formación y el cambio*. Edic. Octaedro. España. **2000**, pp 229.
- Dorin, H.; Demmin, P.E.; & Gabel, D.L. *Chemistry. The Study of Matter*. Ed. Prentice Hall. Estados Unidos. **1992**.
- Echeverría, J. *Filosofía de la ciencia*. Ed. Akal. Madrid, España. **1995**, pp 101.
- Estébanez, G. F. *Etimos griegos: monemas básicos del lenguaje científico*. Edic. Octaedro. Barcelona España. **1998**. pp 19.
- Fernández, E. *Psicopedagogía de la Adolescencia*. NARCEA. Madrid, España. **1991**, pp15- 60.
- Fernández, G.; Elortegui, E.; Moreno, J.; Rodríguez, G. *¿Cómo hacer unidades didácticas innovadoras?* Díada Editora. Sevilla, España. **1999**, pp 36.
- Ferro F, R.; González-Jonte, C. R. El modelo didáctico de la formación de un cuadro químico del mundo en los estudiantes. Una vía para el cambio conceptual. *Enseñanza de las ciencias*. **1995**, 13 (2), 171-177.
- Furió, C.; Furió, C. Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación química*. **2000**, 11 (3), 300-308.
- Gabel, D. Ver Improving Teaching and Learning through Chemistry. Education Research: A Look to the Future. *Journal of Chemical Education*. **1999**, 76 (4), pp 548-554.
- Galagovski, L. R. La distancia entre aprender palabras y aprehender conceptos. El entramado de palabras-concepto (EPC) como un nuevo instrumento para la investigación. *Enseñanza de las ciencias*. **2002**, 20 (1), 29-45.
- Galagovsky, L.; Bonán, L.; Adúriz, B. Problemas con el lenguaje científico en la escuela. Un análisis desde la observación de clase de ciencias naturales. *Enseñanza de las ciencias*. **1998**, 16 (2), 315.
- García, B.; José, B. "Nombrar la materia. Una introducción histórica a la terminología química". Ed. del Serbal. Barcelona, España. **1999**, pp 27.
- García, C. *Modelo Educativo. Presentación a la Comisión de Revisión y Ajuste de los Programas de Estudio*. CCH, Secretaria Académica. México. **Enero 2002**, pp 1-4.
- Garritz, A. & Chamizo, J.A. *Química*. Ed. Addison Wesley. México, D. F. **994**.
- Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C. *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Ice- Horsori, Barcelona, España.
- Gómez-Moliné, R.; Sanmartí, N. Reflexiones sobre el lenguaje de la ciencia y el aprendizaje. *Educación química*. **2000**, 11 (2). pp 270.
- Gorski, D. *Pensamiento y Lenguaje*. Edit. Grijalbo. Barcelona, España. **1961**.
- Gutiérrez, B. *La ciencia empieza en la palabra*. Península. Barcelona, España. **1998**.
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*. **1996**, 80(5), 509-534.
- Jiménez, A., Blanco, A; et al. Cuestiones cuyo aprendizaje presenta mayor dificultad en la enseñanza de la química. *Enseñanza de las ciencias*. **1987**, Num. Extra, 241-242.
- Jiménez, A. M. Un modelo didáctico para la física y química. *Enseñanza de las ciencias*. **1987**, Num. Extra, 243-244.



- Jiménez, T. A.; Mondragón, B. L.; González-Forteza, C. Autoestima y Sintomatología Depresiva en la Ideación Suicida. *La Psicología Social de México*. **2000**, vol.III, 185-191.
- Johnstone, H. Why is Science Difficult to Learn? Things Are Seldom What They Seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, **1991**, 7 (75).
- Kuhn, T. *La estructura de las revoluciones científicas*. FCE. México, D.F. 2da ed. **1975**
- Lahore, A. Lenguaje literal y connotado en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* Barcelona; **1993**, 11 (1), pp. 60.
- Landsheere, Viviane y Gilbert. *Objetivos de la educación*. Barcelona, España. Edit. Oikos-Tau. **1977**, pp133-137.
- Lavoisier, A. *Tratado Elemental de Química*. Traducido al castellano para el uso del Real Seminario de Minería de México por Vicente Cervantes, con la colaboración de José Rojas como escribano y bajo la responsabilidad de D. Mariano de Zúñiga y Ontiveros. Tomo I. **1797**
- Linares, R* Elemento, átomo y sustancia simple. Diferentes lecturas de la tabla periódica. *Enseñanza de las Ciencias*, **2005**. Número extra. VII Congreso.
- Lira, S. La Jornada. México, D. F. Año 22, num 7719. 20 de febrero del **2006**.
- Llorens, M. J. Aprendizaje de la química y empleo del lenguaje. *Enseñanza de las ciencias*. **1998**, 6 (2), 195-196.
- Llorens, M. J., Llopis, C. R. El uso de la terminología científica en los alumnos que comienzan el estudio de la química en la enseñanza media. Una propuesta metodológica para su análisis. *Enseñanza de las ciencias*. **1987**, 5 (1), 33-40.
- Lonergan. Verbum, Notre Dame: University of Notre Dame Press, 1967, p. 2. Citado en Beuchot, M. Ensayos marginales sobre Aristóteles. UNAM. México, D.F. 2da. Ed. **2004**, pp 25.
- Mammino, L. Empleo de análisis de errores para aclarar conceptos de química general. *Enseñanza de las ciencias*. **2002**, 20 (1), 167-173.
- Martín del Pozo, R. Prospective teachers' ideas about the relationships between concepts describing the composition of matter. *International Journal of Science Education*. **2001**, 23(4), 353-371
- Mengascini, A.; Menegaz, A.; et al. "Yo así, locos como los vi a ustedes, no me lo imaginaba" Las imágenes de ciencia y de científico de estudiantes de carreras científicas. *Enseñanza de las ciencias*. **2004**, 22 (1), 65-78.
- Mondelo, A. M., García, B. S. Materia inerte / materia viva ¿tienen ambas constitución atómica? *Enseñanza de las ciencias*. **1994**, 12 (2), 226-233.
- Muñoz, C.; Román, P.; et al *Ingreso Estudiantil. al CCH*. UNAM. México, D. F. **2003**.
- Palencia, G. J. *Origen y contexto histórico del proyecto CCH*. CCH, UNAM. México. **1989**, pp 45.
- Partington, J. R. *Tratado de Química Inorgánica*. Edit. Porrúa. México, D. F. **1952**.
- Piaget, J. *El mecanismo del desarrollo mental*. Edit. Nacional. San Agustín, Madrid. **1976**, pp 50-52.
- Phillips, J.; Strovzak, V.; et al. *Química: Conceptos y aplicaciones*. Ed. McGraw Hill. México, D. F. **2000**.
- Pomes, R. J. La química y el desarrollo cognitivo. *Enseñanza de las ciencias*. **1987**, Num. Extra, 282-283.
- Pozo, I. *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid, España. Edic. Morata. **1989**, pp 209-218



- Quilez, P. J.; Llopis, C. R. Importancia de la química descriptiva en la enseñanza de la química. Propuesta de un modelo para su aprendizaje. *Enseñanza de las ciencias*. **1990**, 8 (3), 282-286.
- Rocha, L. A & Rincón, A. A. *ABC de Química*. Ed. Herrero. México, D. F. **1975**.
- Rodríguez M de la L, García G & Reyna L. *Introducción a la Física y Química*. Ed. Ediciones Castillo. México. **1999**.
- Talanquer, V. *Programa de formación de profesores de bachillerato. Facultad de Química UNAM*. **2002**.
- Wandersee, J.H.; Mintzes, J. J.; Novak, J.D. *Research on alternative conceptions in science* in Gabel, D. (edit) *Handbook of research in Science Teaching and learning*. Mac Millan. New York. **1994**, pp 177-210.
- Vázquez-Alonso, A. Concepciones alternativas en física y química de bachillerato: una metodología diagnóstica. *Enseñanza de las ciencias*. **1990**, 8 (3), 251-258.
- SEP. Acuerdo 71, *Diario Oficial*. 28 de mayo **1982**, p.11.
- SEP. *Currículo Básico Nacional, Bachillerato, programas de estudio*. Dirección General del Bachillerato. México. **1994**. pp 22.
- Segarra, P. La formación y profesionalización del profesorado de física en el Bachillerato: Tesis de doctorado en educación. Universidad la Salle, **2000**: 25.
- Spencer, J. N.; Bodner, G. M.; & Rickard, L. H. *Química. Estructura y Dinámica*. Ed. CECSA. México, D. F. **2000**.
- Spirkin, A. *Pensamiento y Lenguaje*. Edit. Grijalbo. Barcelona, España. **1961**.
- Sosa, P. *Buscando coherencia en la estructura básica de la química. Una propuesta pedagógica*. VII Congreso Internacional sobre la Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Granada, España. **9 de septiembre de 2005**.
- Sosa, P. De palabras, de conceptos y de orden. *Educación química*. **1999**, 10 (1), 57-60.
- Sosa, P. Química aritmética. Un primer paso hacia el cambio conceptual. *Educación Química*. **2004**, 15 (3) 248- 255.
- Sutton, C. Los profesores de ciencias como profesores de lenguaje. *Enseñanza de las ciencias*. **2003**, 21 (1), 21-25.
- Talanquer, V. El químico intuitivo. *Educación química*. **2005**, 16 (4), pp 114-122.
- Talanquer, V. *Programa de formación de profesores de bachillerato. Facultad de Química UNAM*. **2002**.
- Valdez, M. J. Los Valores Éticos en Adolescentes Mexicanos Universidad Autónoma del Estado de México. *Enseñanza e Investigación en Psicología*. julio-diciembre, **2003**, 8 (2), 245-255.
- Vázquez, A. A. Concepciones alternativas en física y química de bachillerato: una metodología diagnóstica. *Enseñanza de las ciencias*. **1990**, 8 (3), 251-258.
- Vygotsky, L. *Pensamiento y lenguaje*. Teoría del desarrollo cultural de las funciones psíquicas. Edic. Quinto Sol. México D.F. **1992**.
- Diccionario de Filosofía. Abbagnano, Nicola. Fondo de Cultura Económica. 2da ed. Mexico, D.F. **1991**.
- Diccionario Universal de Física. Escrito en francés por M. Brisson, Traducido al castellano, y aumentado con los nuevos descubrimientos posteriores a su publicación por los Doctores D.C.C. y D.F.X.C. Tomo I. De Orden Superior Madrid en la Imprenta Real. Año de **1796**.



Diccionario Universal de Física. Escrito en francés por M. Brisson, Traducido al castellano, y aumentado con los nuevos descubrimientos posteriores a su publicación por los Doctores D.C.C. y D.F.X.C. Tomo VIII. De Orden Superior Madrid en la Imprenta Real. Año de **1802**.

Diccionario Crítico Etimológico de la Lengua Castellana. Corominas, Jean. Edit. Gredos. Berna, Suiza. **1974**.

Diccionario de Química. Ediplesa México, DF. **1986**, pp 152.

Diccionario de uso del español. Moliner, .María. Edit. Gredos. 2da ed. Madrid, España. **2002**.

Diccionario de Química. Montanillo, Merino Enrique. Edic. Generales Anaya. Madrid, España. **1985**, pp 385.

Diccionario de química. Editorial Norma. Cali, Colombia. **1985**, pp 162.

Diccionario Griego español. Florencio, I.S. Edit. Ramón Sopena, S.A. Provenza 95´. Barcelona, España. **1988**.

Diccionario de la lengua española (<http://www.rae.es/>).

Enciclopedia Encarta <http://es.encarta.msn.com/>.

<http://www.cas.org/cgi-bin/regreport.pl>.

<http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx>