

Educación en la Química

ISSN 0327-3504

**Revista de la Asociación de Docentes en la Enseñanza de la Química
de la República Argentina**

Educación en la Química

es una publicación semestral de la Asociación de Docentes en la Enseñanza de la Química de la República Argentina, ADEQRA, Personería Jurídica N° 8933 que se distribuye gratuitamente a los miembros de esta Asociación. Es una revista que busca contribuir a la interrelación entre los docentes y los investigadores de las ciencias químicas y de la educación química. En ella se dan a conocer experiencias de aula, resultados de investigaciones, avances tecnológicos, noticias científicas, y todo otro aporte original que oriente el enriquecimiento y profesionalización del docente de química y colabore en el mejoramiento de su tarea.

Los editores agradecen cartas, ideas, sugerencias y artículos que puedan resultar de utilidad a otros colegas.

El contenido de los artículos firmados es responsabilidad de sus autores.

Se recomienda cautela al realizar los experimentos y demostraciones que se proponen.

Se autoriza la reproducción de los materiales, citando la fuente. (Título clave abreviado: Ed. en la Quim.)

Editor Responsable

Luz Lastres Flores

(ex-Universidad de B. Aires)

Co-editora

M. Gabriela Lorenzo

(Universidad de B. Aires)

Editores Asociados

Mónica Steinman

(ISP J. V. González, B. Aires)

Liliana Knabe

(Instituto Belgrano, Berazategui, B. Aires)

Consejo Asesor

Daniel Bartet (UMCE, Chile)

Erwin Baumgartner (Universidad de B. Aires)

Faustino Beltrán (Acad. Argentina de Artes y Ciencias de la Comunicación)

Martha Bulwik (ISP J. V. González, B.A.)

Raúl Chernikoff (Universidad N. de Cuyo)

Norma D'Accorso (Universidad de B. Aires)

Lilia Davel (Universidad de B. Aires)

Lydia Galagovsky (Universidad de B. Aires)

Andoni Garriz (UNAM, México)

Hernán Miguel (Universidad de B. Aires)

Norma Nudelman (Universidad de B. Aires)

Héctor Odetti (Universidad N. del Litoral)

Laura Vidarte (ISP J. V. González, B.A.)

Este número se edita con el aporte de un subsidio del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología

EdenlaQuim-ADEQRA. Depto de Química, Instituto Superior del Profesorado Dr Joaquín V. González. Av. Rivadavia 3577-2° piso (1204) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

e-mail: edenlaq@adeqra.com.ar



ADEQRA, Asociación de Docentes en la Enseñanza de la Química de la República Argentina, Personería Jurídica N° 8933, es una asociación sin fines de lucro que reúne a docentes de los diferentes niveles educativos de nuestro país, interesados en la formación y capacitación continua.

Entre los fines y objetivos de la Asociación que figuran en su Estatuto, pueden citarse:

- Procurar que la enseñanza de la Química sea cada vez más significativa y eficiente en todo el país y en los distintos niveles educativos.
- Promover el estudio y la investigación en la enseñanza de la Química en todos los niveles.
- Fomentar el intercambio y la comunicación entre personas y las instituciones dedicadas a la enseñanza de la Química.
- Contribuir al perfeccionamiento profesional de sus asociados mediante la divulgación de información científica, metodológica y de temas de interés común.
- Suscitar la inquietud de los docentes de Química por temas que contribuyan a ubicarlos frente a los problemas fundamentales de carácter científico y técnico que enfrenta el país.

Comisión Directiva.

Presidente: Luis Mario Costa

Vicepresidente: Celia E. Machado

Secretaria: Estela Zamudio

Prosecretaria: Myriam Klein

Tesorero: Dante Oscar Tegli

Protesorero: Raúl Enrique Fernández

1° Vocal titular: Andrés Raviolo

2° Vocal titular: Adriana Letícia Rocha

1° Vocal suplente: Violeta Torres

2° Vocal suplente: Gustavo Rodolfo Borro

Comisión revisora de cuentas

1° Titular: Karina Roxana Di Francisco

2° Titular: Luz Enriqueta Lastres Flores

3° Titular: Graciela Assenza Parisi

1° Suplente: Héctor Ricardo González

2° Suplente: Mónica Cristina Steinman

Domicilio legal, sede de ADEQRA

Instituto Superior de Formación Docente N° 24, B. Houssay. Pasaje Crámer (bis) 923 (1876) Bernal, Pcia de Buenos Aires, Argentina

Para reflexionar

DEFINICIONES BÁSICAS DE LA QUÍMICA: UNA DISCUSIÓN DIDÁCTICA

I. Química, sustancia, mezcla y reacción química

Andrés Raviolo

Universidad Nacional del Comahue. Bariloche. Argentina
araviolo@bariloche.com.ar

Resumen:

Este trabajo realiza una revisión de las definiciones de algunos conceptos básicos de la química atendiendo a la lógica del discurso y a los aportes de la investigación en la didáctica de las ciencias. En esta oportunidad se analizan las definiciones macro y micro de: química, sustancia, mezcla y reacción química.

Palabras clave: definiciones, revisión didáctica, química, sustancia, reacción química.

Abstract:

In this work, a revision is carried out about the definitions of basic chemical concepts focusing in the logic of discourse and in the results of the science teaching research. In this opportunity, the macro and micro definitions of the concepts: chemistry, substance, mixture and chemical reaction, are analyzed.

Key words: definitions, didactic revision, chemistry, substance, chemical reaction.

Todos los que estamos relacionados con la enseñanza de la química percibimos que es necesaria una discusión sobre las definiciones básicas de la química, de los primeros conceptos que se enseñan. Esta revisión debe realizarse atendiendo no sólo a la rigurosidad científica e histórica, sino también a su coherencia dentro de una secuencia lógica del discurso y, fundamentalmente, a los aportes de la investigación educativa sobre el aprendizaje de la química que oriente su adaptación a la enseñanza.

La didáctica de la química ha fundamentado la necesidad de incluir y relacionar los tres niveles de abordaje de la química: descripción macroscópica, interpretación microscópica y representación simbólica. La enseñanza frecuente pone mucho hincapié en la representación simbólica, sin establecer las adecuadas relaciones con los otros niveles.

Para favorecer el aprendizaje conceptual, no memorístico o algorítmico de la química, es importante explicar los fenómenos desde las partículas que participan (átomos, moléculas, iones): “Los conceptos de sustancia, elemento y cambio químico quedan perfectamente establecidos sólo cuando se introducen desde el punto de vista de la teoría atómica. La sencillez y claridad de un modelo atómico debe ser explotada didácticamente reinterpretando a partir de ella el conocimiento experimental previo, acercando así al alumno al significado de una teoría científica” (Llorens, 1991).

Una definición es una explicación del significado de un término con el fin de eliminar la vaguedad y la ambigüedad de las palabras. En el discurso científico se usa para hacer una caracterización teóricamente adecuada de un término. Las definiciones pueden ser: *de categorización* (relaciona el término teórico con un concepto, por ej. “átomo es una partícula...”), *descriptiva* (da las características del objeto definido) y *funcional* (indica la función del objeto). En los tres casos la primera información que tiene que aparecer en la definición es la referida a la clase en que se incluye el término

definido (Caldart y Crovato, 2007). Estas consideraciones no siempre se aprecian en las definiciones encontradas en los libros de texto de química.

Un análisis de los textos disponibles para el nivel medio (e incluso de algunos textos universitarios), de las respuestas que dan los profesores y de las concepciones alternativas que sostienen los alumnos, muestra una situación caótica y preocupante, con respecto a la presentación lógica y didáctica de las definiciones de los conceptos básicos de la química.

Atendiendo a las consideraciones mencionadas hasta ahora, este trabajo se propone analizar las definiciones macro y micro de: sustancia, mezcla, sustancia simple, compuesto y reacción química. También las definiciones de: elemento, átomo, ión y molécula.

ESTRUCTURA DE LA PRESENTACIÓN

En esta oportunidad se analizan los conceptos de: química, sustancia, mezcla y reacción química; en una segunda entrega se revisarán los conceptos de: elemento, sustancia simple y compuesto; y finalmente, en una tercera los de: átomo, molécula e ión.

El análisis de las definiciones se presenta con el siguiente orden:

- primero la discusión a nivel macroscópico y luego a nivel microscópico, en los casos que resulta factible
- presentación de alguna definición de texto universitario y/o de la IUPAC
- discusión didáctica de las definiciones, atendiendo a las posibles contradicciones en la lógica del discurso y a las concepciones alternativas que podría fomentar. En este punto, cuando se hace referencia a definiciones de libros de texto de secundaria y a porcentajes, se está refiriendo a datos extraídos del análisis realizado por Raviolo (2007)
- presentación de una definición sugerida que atiende a las cuestiones anteriores
- profundización de algunos aspectos que es necesario que el docente conozca, en algunos casos son cuestiones fundamentales, en otros casos mera información.

DEFINICIÓN DE QUÍMICA

Definir lo que estudia la química presenta varios problemas en la enseñanza. Uno de ellos es que las definiciones frecuentes involucran otros conceptos que habría que conocer/enseñar previamente (como materia, sustancia, sistema, transformaciones, reacciones, estructura, propiedades, etc.). El otro problema es a qué aspecto le presta más atención la química: a las cosas (las sustancias: propiedades, estructura) o a los procesos (las reacciones). En este sentido Garritz (2007) se pregunta: ¿se define una reacción química por el cambio en ciertas sustancias o las sustancias son definidas por sus reacciones químicas?

Lo anterior lleva a pensar una estrategia que, de una forma integrada y dinámica, vaya complejizando y retroalimentando dichos conceptos, en distintos momentos de la enseñanza, incluso en estudios universitarios avanzados. En contraste, se halló que el 25% de los textos de nivel medio consultados no definen el objeto de estudio de la química y un 35% propone afirmaciones generales del tipo: “Estudio de la materia, la energía y sus transformaciones”, “Se preocupa de estudiar las transformaciones naturales y artificiales que experimenta la materia” que podrían caberle a la Física. Estas definiciones generalmente no son reconsideradas o ampliadas a medida que se avanza en los textos.

Curiosamente son poco frecuentes (35% de los textos) las afirmaciones que hacen referencia a estos dos conceptos centrales de “sustancia” y “reacción química”: “La Química estudia las sustancias, su estructura, sus propiedades y reacciones y las leyes

que rigen estas reacciones”. Seguramente esto se deba a que se presenta el objeto de estudio de la química al comienzo del texto, antes de definir sustancia y reacción química, por ello es importante volver periódicamente a definir el objeto de estudio de esta ciencia.

SUSTANCIA

Definición macroscópica de sustancia

“Sustancia es una forma de materia que tiene una composición definida (conocida) y propiedades características” (Chang, 2002). “Sustancia es un tipo distinto de materia. Todas las muestras de una sustancia tienen las mismas propiedades; una sustancia tiene las mismas propiedades en toda la muestra” (Umland y Bellama, 2000).

“Sustancia química es materia de composición constante, caracterizada por las entidades de que está compuesta (moléculas, unidades fórmula, átomos). Caracterizada por propiedades físicas como densidad, índice de refracción, conductividad eléctrica, punto de fusión, etc.” (IUPAC, 1997).

“Las sustancias se pueden distinguir unas de otras por su estado a temperatura y presión atmosférica (sólido, líquido o gas), color, densidad, punto de fusión, punto de ebullición, solubilidad en diferentes solventes, acción sobre otras sustancias y otras propiedades” (Nelson, 2003).

Discusión didáctica: Las sustancias poseen propiedades específicas (características, distintivas) que la diferencian de otras, este atributo de sustancia es mencionado por el 85% de las definiciones que aparecen en los libros de texto de nivel medio. Aunque no todos los textos hacen hincapié en que dichas propiedades deben ser medidas en condiciones determinadas.

El hecho de que su composición sea fija (constante, definida, conocida) es lo que la diferencia del otro sistema homogéneo, las disoluciones, que son mezclas de composición variable. La materia homogénea puede ser una sustancia o una disolución. Sin embargo, este atributo lo menciona solo el 20% de los libros de texto: “Las sustancias poseen una composición química constante que puede ser representada por medio de una fórmula química” (texto secundaria).

La definición de IUPAC no relaciona a las sustancias con las reacciones químicas o con la reactividad, y se refiere sólo a las propiedades físicas que caracterizan a las sustancias; a pesar de que las sustancias tienen propiedades químicas que también las identifican (Garritz, 2007).

La mayoría de los materiales u objetos que manejamos en la vida cotidiana son mezclas. Comúnmente la palabra sustancia está asociada a la noción de material (madera, vidrio, aire, etc.) como una clase de materia caracterizada por algún rasgo relacionado con su utilidad o con alguna manifestación relevante para las personas. En el uso diario todo material homogéneo es considerado como una sustancia (por ej. el vinagre). Otras veces las sustancias, como es el caso de los compuestos, son consideradas como una mezcla. También el término sustancia suele tener una connotación misteriosa o prohibida. Los textos en inglés suelen agregarle el calificativo de “química”: sustancia química, para otorgarle mayor precisión.

En ocasiones la materia se constituye como una especie de “agente portador” de la propiedad (Llorens, 1991). Así por ejemplo, para saber si se conserva la sustancia o material en una transformación algunos alumnos suelen fijarse si se mantiene una única propiedad (específica y perceptible) como el color o el sabor (Furió y Furió, 2000). Al clasificarse las sustancias en sólidas, líquidas y gaseosas (a presión y temperatura del ambiente), suelen asociarse a las sustancias el atributo del estado, como si hubiera tres

“tipos” diferentes de sustancias, dado que rara vez se menciona que una sustancia puede estar en cualquiera de los tres estados dependiendo de la temperatura y/o presión, y esto trae dificultades en la comprensión de cambios físicos y químicos (Johnson, 1996).

En forma análoga a la biología se suele llamar a las sustancias como las “especies químicas”. El inconveniente de este término es que la palabra “especie” se utiliza también para partículas, por ejemplo en la frase “cuando una especie química (un átomo o conjunto de átomos) adquiere una carga eléctrica neta...” (texto de secundaria).

Es recomendable no usar el término de “sustancia pura”, porque daría lugar a la contradictoria expresión de “sustancia impura”. A nivel macroscópico una sustancia se considera pura cuando se funde o hierve a temperatura constante (siempre que no se trate de sustancia amorfa). Seguramente el término de “sustancia pura” surge del hecho de manipular “sustancias” con grado de pureza: “una muestra de carbonato de calcio 80% de pureza”; con ello, a las mezclas se las está llamando como sustancias. Desde un punto de vista extremo, todo los materiales son mezclas de sustancias y la pureza indica la proporción en que se encuentra cada sustancia en el material; cuando una de las sustancias está en una proporción muy grande, y a fines prácticos, se dice que está pura (Sosa, 1999).

El adjetivo “puro” en la vida cotidiana está relacionado con la idea de calidad, de saludable, de natural o de no contaminada. Algunos estudiantes argumentan que el jugo de naranja es una sustancia pura si proviene directamente de la naranja y el agua destilada no es pura porque ha sufrido un “proceso” (Johnson, 1996). Para este autor “una sustancia es una sustancia y no puede ser pura o impura” dado que no debería hablarse de la pureza de las sustancias sino de los materiales.

Las definiciones “Sustancias puras son sistemas homogéneos no fraccionables” o “Son sistemas homogéneos formados por un solo componente” (textos de secundaria) ponen el énfasis en que las mezclas se pueden separar en sustancias por métodos físicos de fraccionamiento. Con ellas la definición de sustancia queda subordinada a otros conceptos complejos como “sistema”, “componente” o “fraccionable”, que además tienen muchos otros significados cotidianos.

Definición sugerida: *Una sustancia es materia homogénea de composición fija (invariable) que posee propiedades específicas que la diferencian de otras.*

Profundización: Con respecto a “composición fija”, existen compuestos de composición variable (o no estequiométricos o berthólidos) como el óxido ferroso (wüstita, hecho a 1000°C y presión atmosférica) que contiene entre 23,1 a 24,6% en masa de oxígeno, cuya fórmula sería $\text{Fe}_{0,88-0,95}\text{O}$. La diferencia con una disolución es que en una disolución la composición de uno de sus componentes puede estar en cualquier proporción. Por contraposición, los compuestos estequiométricos se llaman daltónidos (Nelson, 2003).

Un dato interesante sobre el uso relativo del concepto pureza es que el cobre puro (con 99,98% de pureza) se usa para purificar muestras de cobre impuro (99%) por métodos electroquímicos (Umland y Bellama, 2000).

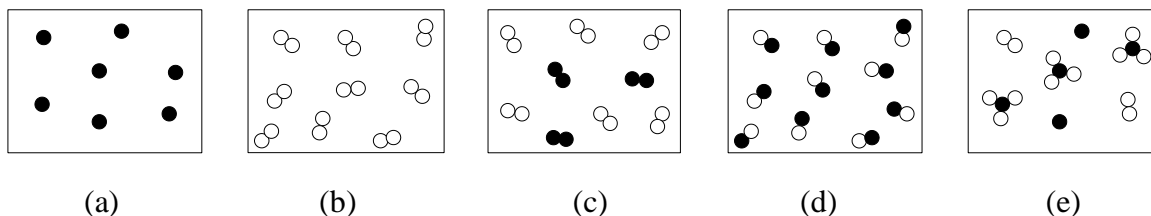
Definición microscópica de sustancia:

Las siguientes definiciones son extraídas de textos de nivel medio: “Una sustancia es pura cuando todas sus moléculas tienen la misma composición”, “Una sustancia es pura cuando todas las moléculas que la constituyen son iguales”, “Una sustancia pura es una sustancia formada por un solo tipo de moléculas”.

Discusión didáctica: Es muy poco frecuente que se haga explícita una definición a nivel microscópico de sustancia (10% de los libros de texto). Las definiciones del párrafo anterior no son adecuadas porque consideran a todas las sustancias como moleculares y por transferir el concepto de pureza al nivel micro. Más aún, teniendo en cuenta la tendencia de los alumnos a transferir propiedades macroscópicas de las sustancias a las partículas. En la afirmación: “Una sustancia pura es una sustancia formada por un solo tipo de moléculas”, el uso del término “sustancia pura” daría lugar a pensar en sustancias formadas por más de un tipo de moléculas.

Furió y Furió (2000) afirman que los alumnos desconocen la idea microscópica de sustancia como un conjunto de muchísimas partículas todas iguales. A continuación se presenta una actividad conceptual para indagar la concepción micro de sustancia.

Actividad I: En los siguientes dibujos se representan recipientes conteniendo gases. Cada bolita representa un átomo y las del mismo color representan átomos iguales. Indica cuántas sustancias hay en cada recipiente y explica el criterio utilizado.



La definición de sustancia de la IUPAC (1997) como “materia de composición constante, caracterizada por las entidades que está compuesta (moléculas, unidades fórmula, átomos)” relaciona a las sustancias con las partículas que la constituyen y caracterizan. Para presentar algunos tipos distintos de sustancias (moleculares, covalentes, iónicas y metálicas), que se observan en condiciones ambientales frecuentes, es conveniente introducir el concepto de *partícula representativa* de la sustancia:

- En algunos casos el átomo mismo es la partícula representativa de la sustancia que forman (gases nobles Ar(g) o sólidos covalentes C(s)).
- En otros casos los átomos se encuentran unidos entre sí formando moléculas, siendo la molécula la partícula representativa de la sustancia que forman (sustancias moleculares: oxígeno $\text{O}_2(\text{g})$, yodo $\text{I}_2(\text{s})$, agua $\text{H}_2\text{O(l)}$, glucosa $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s})$).
- En otros casos, las partículas representativas de las sustancias son iones, que pueden ser considerados como átomos o moléculas que han ganado o perdido electrones. Por ejemplo, los sólidos iónicos: NaCl(s) , $\text{KNO}_3(\text{s})$ y los metales: Fe(s) , Al(s) . En estos casos se aprecia que las partículas representativas (iones) no coinciden con la representación simbólica de la sustancia o fórmula química.

Definición sugerida: Una sustancia es materia homogénea formada por partículas iguales (por sus partículas representativas).

Profundización: Que una partícula sea representativa como unidad de la sustancia que forma no quiere decir que la partícula posea las propiedades de dicha sustancia. Muchas propiedades van a depender del arreglo o distribución espacial que tengan esas partículas y del tipo de fuerzas que las unan. Para las sustancias reticulares (sólidos cristalinos: sus partículas presentan un ordenamiento estricto de largo alcance), se considera que la porción mínima representativa de la estructura de la sustancia es la *celda unitaria*.

Para las sustancias moleculares y gases nobles es posible individualizar partículas libres (moléculas y átomos); también para las reticulares, en condiciones especiales, pueden individualizarse iones para las iónicas y radicales libres para las metálicas y covalentes (Sosa, 1999). Incluso, se ha comprobado la existencia de moléculas de un metal en fase vapor, el Li_2 (moléculas diamagnéticas), también de C_2 (Chang, 1999).

Por otro lado, y relacionado con la discusión sobre pureza, desde el modelo discontinuo de la materia es probable que en toda muestra de una sustancia se encuentre alguna otra partícula (átomo, molécula o ión) distinto a la partícula representativa de la sustancia. Aunque la definición de sustancia anterior es válida, considerada como una aproximación, como muchos otros conceptos científicos.

No resulta sencillo distinguir a nivel atómico la diferencia entre sustancia y mezcla. Por ejemplo, cuando se trata el tema de las uniones químicas, se utilizan sustancias como el hierro o el cobre para dar ejemplos de uniones metálicas; pero en aleaciones como el bronce, los átomos de cobre y estaño están unidos también por la unión metálica. Este tipo de materia (aleaciones) es considerado como mezcla; sin embargo, la unión de iones distintos, como el anión cloruro y el catión litio, unidos por la unión iónica constituyen un compuesto, es decir una sustancia. Este argumento se hace más notable en la estructura de una sal mixta. La respuesta está en ese atributo de las sustancias, a la que se le presta poca atención en la enseñanza, la composición fija o definida. La composición de las aleaciones es variable, la de los compuestos no.

MEZCLA

Definición macroscópica de mezcla:

“Es una combinación de dos o más sustancias en la cual las sustancias conservan sus propiedades características” (Chang, 1999). “Mezcla es una porción de materia formada por dos o más sustancias. Las mezclas tienen composiciones variables” (Umland y Bellama, 1999). “Mezcla homogénea es la mezcla en la cual su composición es la misma en toda la disolución”, “Una disolución es una mezcla homogénea de dos o más sustancias” (Chang, 1999).

Discusión didáctica: La primera definición del párrafo anterior tiene el inconveniente del uso de la palabra “combinación”, que está más asociada a una reacción química. En el uso cotidiano es válido, pero en el contexto de la química constituye otro aporte semántico a las confusiones, en particular a la frecuente concepción alternativa de considerar a un compuesto como una mezcla.

También contribuyen a esta confusión frases como “Una solución está compuesta de un soluto y un solvente”, la palabra “compuesta” retrae al término compuesto. La indiferenciación entre sustancia y mezcla se mantienen hasta en alumnos universitarios: “La titulación es una técnica por la cual se puede determinar la concentración desconocida de una sustancia”.

Generalmente, cuando se utilizan ecuaciones químicas no se hace referencia a estas diferencias, por ejemplo cuando se simbolizan las mezclas como $\text{NaCl}(\text{ac})$. Los estudiantes no suelen prestar atención al estado de agregación. En la ecuación química se simboliza la interacción entre las sustancias, aunque, en realidad, se esté experimentando con mezclas. La ecuación química es una abstracción, una forma de representar la interacción.

La arbitrariedad de las clasificaciones está muy presente en química. Se habla de una sustancia al referirse a una mezcla que posee una proporción de, por ejemplo, 99% de ella; ahora si esa sustancia es el agua, se la llama una mezcla, una disolución diluida. ¿Cuándo pasa de ser “agua mineral” a una “solución de sal”?

Es importante resaltar a los alumnos el hecho de que la composición sea la misma en una mezcla homogénea no significa que sea única para ese tipo de mezcla, dado que varía con la proporción de sus componentes. En otras palabras, hacer hincapié en la diferencia entre los dos tipos de materia homogénea, las disoluciones y las sustancias.

Para establecer claramente las diferencias entre una mezcla homogénea y una sustancia, es necesario establecer otras relaciones: “Los componentes de una disolución se pueden separar por destilación, cristalización, extracción de solvente, cromatografía, etc. Un material homogéneo es una sustancia si no puede ser separado en componentes, que a su vez pueden ser recombinados en proporciones variables como en una solución” (Nelson, 2003).

En las aulas se suelen clasificar materiales en: sólido, líquido y gas, encontrándose con algunos ejemplos inclasificables en alguno de estos tres estados (por ejemplo: geles, pastas, humos...), dado que son mezclas de sustancias en distintos estados y pueden exhibir características de dos estados. Sin embargo en el discurso suele generalizarse diciendo “todo es o sólido, o líquido o gaseoso”, aunque esta clasificación es estrictamente válida sólo para sustancias (Johnson, 1996).

Definición sugerida: *Una mezcla es materia formada por dos o más sustancias y cuya composición (proporción de cada una de las sustancias) es variable.*

Profundización: algunas mezclas pueden tener también propiedades específicas constantes, como por ejemplo el punto de fusión constante: mezclas eutécticas; y algunas soluciones pueden tener un punto de ebullición constante: azeotrópicas (Nelson, 2003) es decir, destilan sin cambio, la composición del líquido es igual a la composición del vapor (por ejemplo la mezcla de agua al 4% en masa con alcohol cuya temperatura de ebullición es de 78,17°C) (Castellán, 1987).

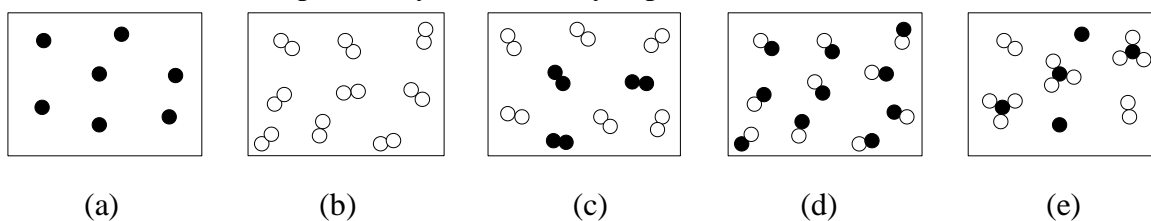
Definición micro de mezcla:

No se encuentra en textos la definición a nivel microscópico de mezcla. Por oposición a la de sustancia, se puede proponer:

Definición sugerida: *Una mezcla es materia formada por partículas diferentes, por partículas representativas de distintas sustancias.*

Discusión didáctica: Por los argumentos presentados hasta el momento, es aconsejable en la enseñanza abordar a las mezclas desde el nivel microscópico. Por ejemplo, a través de actividades conceptuales como la siguiente:

Actividad II: En los siguientes dibujos se representan recipientes conteniendo gases. Cada bolita representa un átomo y las del mismo color representan átomos iguales. Indica en cuál/es recipiente hay una mezcla y explica el criterio utilizado.



La respuesta correcta esperada es la selección de los recipientes c y e, en los cuales se encuentran mezclas, aunque va a ser frecuente la elección del recipiente d, en el que se halla una sustancia (una sustancia compuesta o compuesto).

Profundización: Con respecto a las partículas representativas, merece ser discutido el caso de los hidratos, o compuestos que forman cristales con una proporción definida de agua (Umland y Bellama, 1999), como el caso del sulfato de cobre (II) pentahidratado. También el tema de las partículas coloidales. Estas partículas generalmente se encuentran dispersas en un medio homogéneo como el agua o el aire, constituyendo un sistema considerado heterogéneo.

REACCIÓN QUÍMICA

Definición macro de reacción química:

“Es un proceso en el cual una sustancia (o sustancias) cambia para formar una o más sustancias nuevas” (Chang, 1999). “Es un proceso que resulta en una interconversión de especies químicas” (IUPAC, 1997).

Discusión didáctica: La primera definición pone de manifiesto que el concepto reacción química depende del de sustancia. La segunda definición emplea términos complejos como “interconversión” y “especie química”.

La definición de transformación química como “toda modificación que produce cambios en las propiedades intensivas o sustanciales” (texto de secundaria), que promueve la afirmación “toda transformación en la que cambian las propiedades específicas de las sustancias es un cambio químico” es errónea. Algunos cambios físicos producen cambios en propiedades específicas, como los cambios de estado (por ej. el cambio de la densidad del agua líquida al pasar al estado sólido).

Una concepción alternativa frecuente de cambio químico es considerarlo como una modificación, en la cual la sustancia varía su apariencia o propiedades pero manteniendo su identidad (Andersson, 1990). A esta idea contribuyen las siguientes definiciones extraídas de textos de nivel medio: “Durante las transformaciones, reacciones o fenómenos químicos, sí se producen modificaciones en las sustancias presentes en el sistema”, “Las sustancias se transforman en otra u otras sustancias cuyas propiedades son diferentes de las sustancias que se pusieron en contacto”, “Los cambios químicos o reacciones provocan una modificación en la composición química de las sustancias, dando lugar a la formación de otras sustancias”.

Otras definiciones incorrectas de textos asocian a los cambios físicos como reversibles y cambios químicos como irreversibles o permanentes: “Fenómenos químicos son todas aquellas transformaciones que alteran las propiedades de las sustancias de modo definitivo y permanente”.

Muchos estudiantes suelen sostener la idea de que una reacción química tiene que ver con “mezclar sustancias”, por lo cual conciben al cambio químico como el proceso en que dos o más sustancia reaccionan y forman otras sustancias y no admiten la posibilidad de que se pueda partir de una sustancia sola, por ejemplo una descomposición química (Casado y Raviolo, 2005). Dado que, como ya se mencionó, suele utilizarse la palabra combinación para referirse a mezclas, resultará apropiado hablar de “combinación química” o de “reacciones químicas de combinación”: “Son aquellas en que dos o más sustancias se combinan para formar un solo producto” (Chang, 1999). Poco se menciona en la enseñanza que la mezcla de sustancias es un paso previo y necesario, pero no suficiente, para que se produzca una reacción química (Furió y Domínguez, 2007).

Definición sugerida: *Una reacción química es un proceso en el cual una sustancia (o varias sustancias) cambia/n y forma/n una o más sustancias nuevas.*

Profundización: No existe un límite definido entre cambio físico y cambio químico, como tampoco lo hay entre la Física y la Química y, seguramente, entre ellas y otras ciencias. Por ejemplo, y siguiendo a Garritz (2007), la transformación alotrópica del grafito-diamante se considera un cambio químico, a pesar de que ambas especies tienen propiedades químicas similares, como reaccionar con el oxígeno para formar dióxido de carbono. Sin embargo, la vaporización del diamante, que sería un cambio estructural más notable que la transformación alotrópica, se lo considera un cambio físico, con la misma ruptura de enlaces covalentes.

En los cambios de estado del agua, por ejemplo de sólido a gas, existe un cambio enorme en lo estructural y en las propiedades físicas (como la densidad), y se lo considera una transformación física. En cambio, la desnaturalización de una proteína como la clara de huevo se considera una transformación química; y en ambos casos se ha producido la ruptura de los enlaces puente hidrógeno, conservando la misma secuencia de átomos unidos por enlaces covalentes. Estos límites resultan también difusos en transformaciones entre isómeros o entre confómeros.

Como todos los conceptos científicos, estas definiciones provienen de un proceso de clasificación y abstracción del mundo real. Son una construcción humana, una forma de aproximación a la realidad que busca simplicidad en la complejidad. Seguramente, y a pesar de las dificultades mencionadas hasta ahora, esta clasificación de las transformaciones en cambios químicos y físicos siga siendo útil en la enseñanza.

Definición micro de reacción química

“Reacción química es un cambio que implica redistribuciones de electrones y/o átomos para formar productos diferentes de los compuestos de partida” (ACS, 2004).

Discusión didáctica: La definición anterior recurre a conceptos del nivel microscópico, donde los estudiantes tendrían que tener nociones sobre los átomos y electrones.

Es muy importante construir con los alumnos la noción de cambio químico a nivel micro para garantizar la comprensión conceptual de este concepto (Bullejos y otros, 1995). Sin embargo, el 35% de los textos de secundaria revisados no presentan una definición microscópica de la reacción química y un 25% se refiere sólo a cambios en los átomos que forman las moléculas; es decir, consideran a todas las sustancias como moleculares: “En toda reacción química los átomos que constituyen las moléculas se reagrupan, es decir, se unen de manera distinta formando nuevas moléculas”.

El 40% de los textos presenta definiciones correctas como un reordenamiento de átomos: “Los átomos que constituyen las sustancias originales (llamadas reactivos) proceden a reagruparse para formar las nuevas sustancias (es decir, los productos)”. Conjuntamente algunos de los textos mencionan la conservación de la cantidad e identidad de los átomos que participan en él: “Durante una reacción química los átomos no se crean ni se destruyen, ni cambian su identidad”.

Para comprender un tipo de transformación o cambio no sólo hay que reconocer qué cambia, sino también qué se mantiene, qué se conserva. En el cambio químico cambian las sustancias y se conservan los tipos de átomos o elementos.

Definición sugerida: *En una reacción química hay una redistribución de los átomos o iones formando otras estructuras (moléculas, o redes) diferentes.*

Profundización: La ruptura de un enlace requiere energía, la formación de un enlace libera energía. Entonces, si la energía de reacción es negativa, reacción exotérmica, que cede calor al entorno, la energía liberada en formar enlaces debe ser mayor que la que la requerida para romper enlaces. Por ello, para calcular la energía de reacción (a presión constante: ΔH° , 1 atm, 25°C) a partir de las energías de enlace, la energía liberada por los productos debería estar restando en la fórmula para que el resultado de la energía de reacción sea negativa. Por ello, se puede calcular la energía de reacción con la siguiente fórmula:

$$\text{Energía de reacción estándar} = \Delta H^{\circ} = \sum n.E_{\text{enlace}}(\text{reactivos}) - \sum m.E_{\text{enlace}}(\text{productos})$$

Siendo n y m el número de enlaces de reactivos y productos respectivamente.

Generalmente los estudiantes, partiendo del sentido común, afirman que es al revés, que para formar un enlace se requiere energía. A esta concepción alternativa contribuye la enseñanza cuando, por ejemplo, se habla de la energía cedida (energía libre) en la reacción de hidrólisis del ATP. Se dicen frases del tipo: “la energía almacenada en el enlace que une al grupo fosfato con el ADP”.

La identificación de los enlaces que se rompen y se forman, a partir de la representación de las fórmulas desarrolladas de reactivos y productos, y el cálculo de la energía de reacción a partir de las energías de enlace, son actividades apropiadas para llevar a cabo en el nivel medio, dado que ayudan a “visualizar los enlaces” y a comprender mejor el cambio químico a nivel micro.

CONCLUSIONES

En los libros de texto y en la enseñanza es poco habitual la presentación de los conceptos sustancia, mezcla y reacción química, a nivel microscópico. La apropiación conceptual profunda se produce cuando el alumno puede relacionar correctamente los atributos macroscópicos con entidades e imágenes microscópicas.

Esta interpretación micro debería realizarse luego de que los alumnos adquieran una buena comprensión de estos conceptos a nivel macro, lo que implicaría poner más énfasis en la enseñanza en actividades donde se aborden los distintos atributos de los conceptos. Por ejemplo, sobre los atributos del concepto de sustancia: sistema homogéneo, composición definida, propiedades específicas características, no fraccionable por métodos físicos.

Es necesario asumir como conceptos estructurantes de la química a los conceptos de sustancia y reacción química. Esto deriva en la necesidad de dedicarle más tiempo de enseñanza, por ejemplo en observaciones de fenómenos cotidianos, en experiencias de separación de mezclas, en identificación de sustancias. Como se trató en este trabajo, ambos conceptos son dependientes entre sí: “Será conveniente estudiar los conceptos de sustancia y reacción química relacionándolos entre sí. Al mismo tiempo, se debe utilizar la teoría atómica para dar una explicación microscópica al comportamiento químico de las sustancias” (Furió y Domínguez, 2007).

Las relaciones con el mundo cotidiano del estudiante no se limitan a brindar ejemplos de hechos y fenómenos de la vida diaria, o que tengan algunas implicaciones sorprendentes e interesantes. También es pertinente tener en cuenta los significados que en el lenguaje cotidiano se dan a palabras comunes.

La necesidad de realizar este tipo de discusiones radica, en parte, en que los libros de texto de nivel medio (Raviolo, 2007): (a) no definen algunos conceptos básicos que abordan en sus páginas, (b) muestran, en el conjunto de textos, una alarmante diversidad de afirmaciones, (c) presentan proposiciones erróneas o generalizaciones imprecisas y (d) no tienen en cuenta las concepciones alternativas que pueden fomentar directa o indirectamente. En ese análisis de textos también se concluyó que, considerados en su conjunto, los libros presentan un cuerpo, lógica y semánticamente, incoherente de conocimientos, porque dan la impresión de que para entender el significado correcto de muchas expresiones hay que saber química previamente; por ejemplo, para poder superar: (1) el uso del mismo término con distinto significado (ej.: elemento, combinación), (2) el empleo de palabras que tienen otras connotaciones en la vida cotidiana, y (3) las contradicciones en la lógica del discurso.

Una implicación importante de este trabajo es la necesidad de volver a reflexionar sobre las definiciones de los conceptos básicos de la química en distintos momentos del desarrollo del currículo, incluso en la universidad. Es un error creer que un concepto abstracto se aprende en un momento del programa en forma acabada y definitiva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andersson, B.** (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformation (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, 53-85, 1990.
- American Chemical Society.** (2005). *Química un proyecto de la ACS*. Ed. Reverté: Barcelona.
- Bullejos, J., De Manuel, E. y Furió, C.** (1995). ¿Sustancias simples y/o elementos? Usos del término elemento químico en los libros de texto. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 9, 27-42.
- Caldart, G. y Crovato, V.** (2007). *La producción escrita*. Instituto Dante Alighieri. Bariloche.
- Casado, G. y Raviolo, A.** (2005). Las dificultades de los alumnos al relacionar distintos niveles de representación de una reacción química. *Universitas Scientiarum*, 10, 35-43.
- Castellán, G.** (1987). *Fisicoquímica*. (2ª edición). Addison-Wesley: México.
- Chang, R.** (1999). *Química*. Sexta edición (7ª edición: 2002). Mc Graw Hill: México.
- Furió, C. y Furió, C.** (2000). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación Química*, 11(3), 300-308.
- Furió, C. y Domínguez, M.**, (2007). Deficiencias en la enseñanza habitual de los conceptos macroscópicos de sustancia y cambio químico. *Revista de Educación en Ciencias*, 8(2), 84-92.
- Garritz, A.** (2007). Química: ¿tiene que ver con sustancias o con procesos? Consultada por última vez en julio 10, en http://garritz.com/andoni_garritz_ruiz/
- Johnson, P.** (1996). What is a substance? *Education in Chemistry*, 33(2), 41-45.
- Llorens, J.** (1991). *Comenzando a aprender química*. Visor: Madrid.
- IUPAC.** (1997), Compendium of Chemical Terminology, 2ª Edition. Consultado en: <http://www.iupac.org/publications/compendium/index.html>
- Nelson, P.** (2003). Basic chemical concepts. *Chemistry Education: Research and Practice*, 4(1), 19-24.
- Raviolo, A.** (2007). Las definiciones de conceptos químicos básicos en textos de secundaria. Presentado a *Educación Química*. México.
- Sosa, P.** (1999). De palabras, de conceptos y de orden. *Educación Química*, 10(1), 57-60.
- Umland, J. y Bellama, J.** (2000). *Química General* (3ª edición). Thomson: México.

Para reflexionar

DESTILACIÓN FRACCIONADA DE IDEAS CONDENSADAS. UNA INVITACIÓN AL DEBATE SOBRE LA NATURALEZA DE LA QUÍMICA.

María Gabriela Lorenzo

Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica (CIAEC). Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad de Buenos Aires. Argentina
ciaec@ffyb.uba.ar

Resumen

Se presenta un ensayo que pone sobre la mesa de discusión la naturaleza de la química comentando diferentes posiciones presentes en la bibliografía. Se propone una reinterpretación del triángulo de Johnstone y se alienta a la comunidad de profesores e investigadores en la química a participar del debate.

Palabras clave: naturaleza de la química, filosofía de la química, niveles de la química, Alex. H. Johnstone

Abstract

This essay discusses the nature of chemistry taking into account different point of view present in the bibliography. A new way for interpretation Johnstone's triangle is proposed. In addition, this is an invitation to professors and researchers in chemistry to participate in the debate.

Key words: nature of chemistry, philosophy of chemistry, chemistry levels, Alex. H. Johnstone

DISTINTAS POSTURAS SOBRE LA NATURALEZA DE LA QUÍMICA

Definir una postura difiere de la mera opinión porque requiere argumentos para fundamentarla; por ello, comenzaremos nuestra presentación preguntándonos: ¿Qué es la Química? El diccionario de la Real Academia Española de Lengua, en su Vigésima segunda edición nos entrega las siguientes acepciones:

1. *adj. Perteneciente o relativo a la **química**.*
2. *adj. Por contraposición a físico, concerniente a la composición de los cuerpos.*
3. *m. y f. Persona que profesa la **química** o tiene en ella especiales conocimientos.*
4. *f. Ciencia que estudia la estructura, propiedades y transformaciones de la materia a partir de su composición atómica.*
5. *f. Relación de peculiar entendimiento o compenetración que se establece entre dos o más personas.*

Tal vez nosotros podríamos decir que la Química es eso que en un cierto momento de nuestras jóvenes vidas nos deslumbró y nos atrapó para siempre, o en una expresión de seguramente exagerada pasión, hasta podríamos decir que la Química es *todo*¹.

¹ Un reconocido profesor universitario de Física, muy querido por mí, cierta vez al escucharme hablar sobre las "bondades" de la química, me corrigió diciendo que *todo* podía ser explicado por la Física, incluida la existencia de Dios. Ante mi asombro, seriamente agregó "*Dios es h*" (h = constante de Planck) Glup!

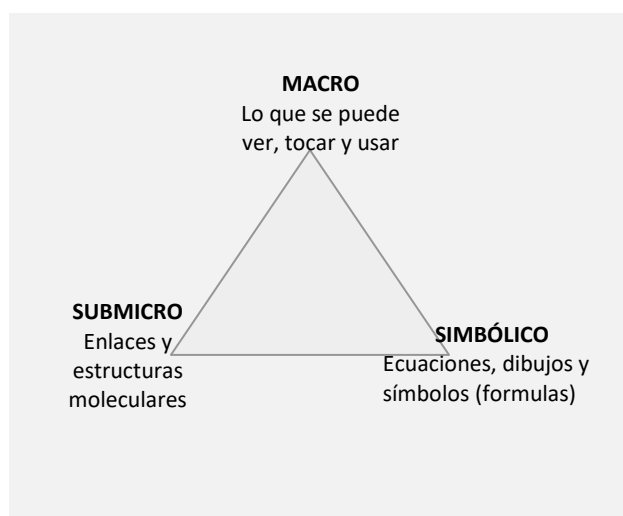
Más concretamente, o mejor más acotadamente, entre aquellos que han intentado responder a esta pregunta, o dicho de otro modo, de explicar la naturaleza de la Química, figura el profesor Alex H. Johnstone, en la actualidad “oficialmente retirado”. Graduado como químico en la Universidad de Edinburgo, Escocia, realizó posteriormente su doctorado en Educación Química en la Universidad de Glasgow. Enseñaba química inorgánica y su investigación se enfocaba a la Educación Química. Así estableció el Centro para la Educación Científica en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Glasgow, con más de doscientas publicaciones como resultado de sus trabajos.

Figura 1. Prof. Alex H. Johnstone



Entre sus aportes a la educación química se destaca su propuesta, ya clásica por estos días, del *triángulo de los niveles de la Química* (Johnstone, 1982, 1993, 2000). Según esta idea, el aprendizaje de la Química requiere el control de tres niveles de pensamiento (Figura 2), en el que cada vértice de un hipotético triángulo constituye un nivel representacional diferente, el nivel macroscópico, el submicroscópico y el simbólico.

Figura 2. Niveles de la Química según Johnstone



El nivel correspondiente a la macroquímica se relaciona con los fenómenos y las transformaciones que pueden ser directamente percibidas a través de los sentidos, esto es por lo tanto, cercano a la experiencia cotidiana de las personas y origen de numerosas concepciones sobre la Química (Nakhleh, 1992; Pozo & Gómez Crespo, 1998, 2005). La macroquímica, sin embargo, es asumida por los químicos como un reflejo o una consecuencia de lo que ocurre en un remoto e inaccesible lugar, el nivel de la submicroquímica, un mundo hecho de moléculas y átomos y de leyes que los gobiernan (Francoeur, 2000). Así, basándose en el pensamiento analógico, los científicos construyen modelos, físicos o simbólicos, para visualizar, comprender e interpretar los hechos considerando que sus propiedades encajan (al menos parcialmente) con las propiedades del objeto representado (Del Re, 2000).

De manera simultánea y paralela, se volvió necesaria la creación de un sistema de representaciones externas de modo tal que permitiera el análisis y la producción de nuevo conocimiento químico. Este nivel simbólico está presente en la comunicación química y le da sentido a lo observable en la macroquímica, a partir de las teorías derivadas de la submicroquímica. Así, Treagust, Chittleborough & Mamiala, 2003, p.1354) escribieron sobre las explicaciones químicas:

“In order to talk about these macroscopic phenomena, use the symbolic level of representation that includes the pictorial, algebraic, physical and computational forms such as chemical equations, graphs, reaction mechanisms, analogies and model kits.”

En este nivel simbólico, el lenguaje de la química desempeña un papel trascendental. Permite conectar en un ida-y-vuelta los otros dos niveles. Así, trabajando sobre el papel pueden predecirse nuevas estructuras que podrán ser posteriormente sintetizadas, aisladas, purificadas, caracterizadas e identificadas en el laboratorio de química. Por otro lado, un nuevo sólido desconocido aislado de un medio de reacción, podrá ser interpretado y transformado en una fórmula sobre el papel (Jacob, 2001) gracias a la poderosa red de clasificación de sustancias y reacciones que constituyen el corazón de la Química (Schummer, 1998).

Esta propuesta de los tres niveles de pensamiento químico ha sido ampliamente aceptada al menos por muchos de los que se dedican a la investigación en la didáctica de la química, de reconocido prestigio a nivel internacional como John Gilbert (editor en jefe del Journal of Science Education y Profesor en la Universidad de Reading, Gran Bretaña) o David F. Treagust (de la Curtin University of Technology, Australia).

Sin embargo, también ha generado controversias, entre ellas la que presenta Lydia Galagovsky, una de las investigadoras en didáctica de la química más respetadas de la Argentina. Ella defiende la idea que el nivel submicroscópico de Johnstone, aquel de las moléculas y partículas varias, no deja de ser o pertenecer al nivel simbólico (Galagovsky y otros, 2003).

Y, dado que pensando sobre átomos y moléculas debemos convenir en que no son más (ni menos) que interpretaciones del mundo que se muestran como representaciones externas (Martí y Pozo, 2000) entonces, estaríamos tentados a compartir su opinión.

Mientras resuena en nuestra mente la pregunta si por ejemplo los átomos son o no son símbolos, descubrimos una nueva y emergente filosofía de la química que puede ayudarnos a responderla.

Martín Labarca, quien es pionero en la Filosofía de la Química en nuestro País, nos dice que los químicos y los educadores en química tienen una visión realista *“en el sentido que creen en los orbitales como si fueran entidades reales y concretas”* (Labarca, 2006, pp.65). Y agrega que esto es correcto si se acepta un pluralismo ontológico, es decir concede entidad ontológica a ciertos conceptos de la química. Y por si nos quedaran

dudas expresa contundentemente “*los orbitales son entidades reales pertenecientes a la ontología química*” (Labarca, 2006, pp.67).

Una lectura apresurada de los argumentos de Labarca nos llevaría a rechazar su propuesta. ¿Cómo que los orbitales son reales? ¿Cuántos investigadores y profesores de química creen eso? ¿Qué datos lo avalan cuando expresa “*la posición natural de los docentes de química es aceptar a los orbitales como entidades reales existentes en el mundo*”? (Labarca, 2006, pp. 66).

Sin embargo, ahondando en sus escritos, él no dice que sean “reales” en el sentido de que posean características materiales, concretas y perceptibles, porque nos aclara “*la ontología de la ciencia siempre resulta de la síntesis entre un esquema conceptual provisto por la teoría científica, y la realidad nouménica independiente*” (Labarca, 2006, pp.65). En realidad, intenta decirnos que son “tan reales” como otros conceptos de la Física, y con esto intenta rescatar a la Química del imperialismo de la Física², el cual parece ser una preocupación central entre los filósofos de la Química (Scerri, 2003, 2004, Labarca, 2005, Lombardi y Labarca, 2005, 2007).

Es aquí donde la confusión se apoderó de mi mente y a partir de la cual surgieron los pensamientos y consideraciones que compartiré con el amable lector, a continuación.

¿MODELO? ¿REALIDAD? ¿SÍMBOLO?

El haber tenido la oportunidad y el privilegio de escuchar personalmente a dichos autores argentinos, ha despertado en mí la necesidad de escarbar en algunas ideas de carácter filosófico (porque no me atrevo a decir, filosofar) sobre la naturaleza de la química.

Volviendo atrás, al triángulo de Johnstone, pareciera que el nivel submicroscópico es el que está causando más ruido entre aquellos preocupados por la naturaleza de la Química. En forma simplificada, entre aquellos que dicen que en realidad, es simbólico (Galagovsky) y los que sostienen que es real (Labarca), al menos desde una ontología química.

Entonces invito al amable lector a responder ¿qué es simbólico? ¿Será lo mismo que abstracto? Tal vez frases como la siguiente contribuyan a la confusión:

“La mayoría de los conceptos que nos son familiares tienen algo de tangible, algo que puede ser reconocido por nuestros sentidos. El aprendizaje de este tipo de conceptos nos resulta más sencillo que el de conceptos abstractos” (Galagovsky y otros, 2003, pp. 108).

Qué nos queda entonces por decir del amor o del miedo que siendo abstractos son conceptos ampliamente arraigados en nosotros.

Si como defiende Galagovsky las moléculas y los átomos son símbolos (por pertenecer al nivel simbólico) para explicar el mundo macroscópico, ¿será que lo *real* sea precisamente ese mundo macroscópico? ¿Podemos decir entonces que una solución anaranjada de, pongamos, dicromato de potasio, es más *real* que el catión potasio?

Y es aquí, donde permítame Ud. la licencia de emitir mis opiniones. Creo que deberíamos hacer un esfuerzo por definir qué entendemos por realidad, sobre todo los que no somos expertos en el estudio de estas cuestiones. Por ejemplo, todos hemos

² ¿No podríamos considerar simplemente a la Física como una poderosa herramienta que permite explicar algunos aspectos de la Química?

escuchado hablar de la *realidad virtual*, esto encierra una paradoja en sí misma y sin embargo, la aceptamos y ya está instalada entre nosotros, pero si nos detenemos sólo un poco sobre esa idea, no puede menos que provocarnos desconcierto ¿es real o es virtual?

Y ¿qué es lo *real*? Recurriendo una vez más al diccionario (RAE,22a Ed.):

real¹. (Del lat. *res, rei*).

1. adj. Que tiene existencia verdadera y efectiva.

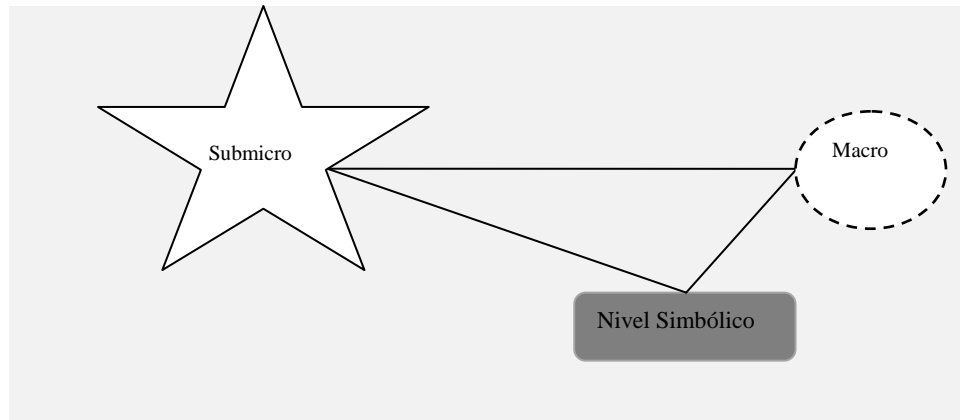
virtual.

1. f. Inform. Representación de escenas o imágenes de objetos producida por un sistema informático, que da la sensación de su existencia real.

¿Qué pasaría si definiésemos *realidad* como aquello que podemos conocer³? Esta definición, creo, me posiciona en un punto de vista racionalista, y deja de lado el nouménico kantiano. Ahora bien ¿cómo podemos conocer los seres humanos? Acá creo, que hay al menos dos grandes maneras; a través de los sentidos (exteriores e interiores), y a través de la razón. Estas dos vías me las imagino complementarias pero de sentidos opuestos (desde un punto de vista vectorial del término). Como dos formas válidas de interactuar con lo que está fuera de nosotros, con una roca, con la Internet, o con los sentimientos del otro.

De esta manera, si aceptamos que la realidad es aquello externo o interno a nosotros *conocible*, así tal vez, los modelos y los precipitados, no serían tan distintos como se hubiera pensado inicialmente. Entonces, podríamos reinterpretar al triángulo de Johnstone girándolo de la siguiente manera:

Figura 3. Reinterpretación del triángulo de Johnstone



Esta nueva forma de representarlo conlleva una nueva forma de ver el problema y pone de manifiesto una vez más la importancia que los sistemas externos de representación tienen a la hora de pensar sobre el mundo, de construir conocimiento (Gilbert, 2005, Pozo, 2001, Wu, Krajcik & Soloway, 2001).

A través de la redescipción de este modelo intento condensar las siguientes ideas: No sé por qué el triángulo deba suponerse equilátero. En primer lugar, yo aquí me he decidido por uno escaleno, en un intento de ponderar los distintos niveles; y, en segundo

³ He aquí otro problema. Ante esta posición se podrá argüir que podemos conocer cosas que no existen, como los fantasmas y los dragones. Parece cierto que no hay evidencia científica que avale su existencia ¿por eso no existen? (Y evitemos aquí discutir otras existencias más sublimes).

lugar, en vez de apoyarlo sobre un lado, lo he dibujado pivotando sobre un ángulo. ¿Qué estoy intentando transmitir con todo esto?

El nivel macroscópico correspondería a la realidad perceptible de bordes imprecisos y variables (trazo discontinuo), a aquello que podemos conocer a través de los sentidos, a través de la percepción, ya no en forma individual (que yo uso lentes, que tú no oyes) sino como especie. Esto también parece importante resaltarlo. La Química, más allá de sus niveles, como cualquier otra ciencia o forma de conocimiento humano, trasciende lo personal por ser un producto histórico y colectivo. No se vale para su análisis las consideraciones individuales y egocéntricas.

Por su lado, el nivel submicroscópico sería un mundo de *realidad ideal*, que se aleja del carácter platónico porque está construido colectivamente, discutido y consensuado a través del razonamiento humano (si no por el de todos, al menos por la subespecie de químicos). La estrella y la circunferencia de trazo discontinuo, de diferente tamaño, también intenta representar la idea de la mayor relevancia que va adquiriendo día a día este mundo ideal y submicroscópico. La posibilidad que brindan las nuevas tecnologías de *ver chocar moléculas* o ver cómo se modifica una gráfica modificando algunas variables en la pantalla de una computadora para ilustrar el mecanismo de una reacción química, seguramente terminará por eliminar de nuestra química diaria muchas experiencias de laboratorio que demandan más tiempo y recursos, cuando no riesgos, para implementarlas, aunque esta idea sea en extremo dolorosa para los químicos de mesada. Esto ya se observa en numerosas propuestas de enseñanza de la Química que utilizan programas informáticos o el más sencillo presentador de diapositivas o películas (en computadora o DVD, y hasta que ya casi es innecesaria tal distinción).

Estas *realidades*, la perceptible y la ideal, quedarían balanceándose sobre sistemas de recursos simbólicos y notacionales que nos permiten hablar sobre ellas, representarlas y a partir de allí, producir explicaciones y predicciones, objetivos centrales de la actividad científica (Klimovsky, 1997).

¿A dónde nos lleva esta línea de pensamiento? ¿Vale la pena discutir e invertir nuestro tiempo en estas cuestiones? Obviamente estoy convencida no sólo de que vale la pena, sino que además, creo que van en camino de convertirse en imperiosa necesidad.

Los “datos reales” del mundo en que vivimos nos muestran que las cosas han cambiado y que seguramente continuarán modificándose. Eso hace que nuestros alumnos tampoco sean los de antes y para complicar aún más el panorama, las sociedades desarrolladas requieren cada vez de un número mayor de científicos (químicos incluidos) a la vez que cada vez son menos los jóvenes interesados en la ciencia.

Nosotros podríamos cruzarnos de brazos esperando a que mágicamente todo se solucione, podríamos acompañar el proceso con algunas quejas y lamentaciones o podríamos hacer algo. Reflexionar sobre nuestra propia disciplina fundamentadamente, usando los aportes de la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia podría ser un buen comienzo.

COROLARIO

Como ya he dicho, el sentido de estas breves páginas ha sido un esfuerzo de reflexión a la vez de un intento por encontrar (o construir) un terreno menos pantanoso por donde movernos. La metáfora de la destilación me pareció adecuada pensando que, tal vez, también las ideas pudieran ser purificadas si nos decidiéramos a recapacitar sobre ellas. Pero también he querido provocar el debate y la discusión de estos temas entre aquellos preocupados por la química y su naturaleza. Espero haberlo conseguido.

Agradecimientos

La investigación y redacción de este artículo fue realizado con el financiamiento recibido a través de los siguientes proyectos de investigación: UBACYT B-051 (2004-2007), PICT 2005 N° 31947, y PICT-O 2005 N° 35552.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- del Re, G.** (2000) Models and analogies in science. *HYLE, An International Journal for the Philosophy of Chemistry*, 6 (1), 5-15.
- Francoeur, E.** (2000) Beyond dematerialization and inscription. Does the materiality of molecular models really matter? *HYLE, An International Journal for the Philosophy of Chemistry*, 6(1), 63-84.
- Galagovsky, L., Rodríguez, M., Stamati, N. y Morales, L.** (2003) Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de las ciencias naturales. Un ejemplo para el aprendizaje del concepto de *reacción química* a partir del concepto de *mezcla*, *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (1), 107-121.
- Gilbert, J.** (2005) Visualization: A metacognitive skill in science and science education, in: Gilbert, J., Ed., *Visualization in Science Education*, Dordrecht: Springer.
- Jacob, C.** (2001) Analysis and synthesis. Interdependent operations in chemical language and practice. *HYLE, An International Journal for the Philosophy of Chemistry*, 7(1), 31-50.
- Johnstone, A.** (1982) Macro- and micro-chemistry. *School Science Review*, 64, 377-379.
- Johnstone, A.** (1993) The development of chemistry teaching. *Journal of Chemical Education*, 70, 701-705.
- Johnstone, A. H.** (2000) Teaching of chemistry- logical or psychological? *Chemistry education: Research and practice in Europe*, 1(1), 9-15.
- Klimovsky, G.** (1997) *Las desventuras del conocimiento científico. Una introducción a la epistemología*, Buenos Aires: AZ Editora.
- Labarca, M.** (2005) La filosofía de la química en la filosofía de la ciencia contemporánea, *Redes*, 11 (21), 155-171.
- Labarca, M.** (2006) La filosofía de la química y su impacto en la educación científica, *Educación en la Química*, 12 (2), 59-70.
- Lombardi, O. y Labarca, M.** (2005) The ontological autonomy of the chemical world, *Foundations of Chemistry*, 7, 125-148.
- Lombardi, O. y Labarca, M.** (2007) The philosophy of chemistry as a new resource for chemistry education, *Journal of Chemical Education*, 84 (1), 187-192.
- Martí, E. y Pozo, J. I.** (2000) Más allá de las representaciones mentales: la adquisición de los sistemas externos de representación. *Infancia y Aprendizaje*, 90, 11-30.
- Nakhleh, M. B.** (1992). Why some students don't learn chemistry. Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69 (3), 191-196.
- Pozo, J. I.** (2001) *Humana mente. El mundo, la conciencia y la carne*, Madrid: Morata.
- Pozo, J. I.** (2003). *Adquisición de conocimiento: Cuando la carne se hace verbo*. Madrid: Morata.
- Pozo, J. I., & Gómez Crespo, M. A.** (2005) The embodied nature of implicit theories: The consistency of ideas about the nature of matter. *Cognition and Instruction*, 23, 351-387.

- Pozo, J.I. & Gómez Crespo, M.A.** (1998). *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid, Morata.
- Scerri, E.** (2003) Constructivism, Relativism and Chemistry, In *Chemical Explanation, Proceedings of New York Academy of Sciences*, vol , 988, J. E Earley (ed.), New York.
- Scerri, E.** (2004) Just How Ab Initio is Ab Initio Quantum Chemistry? *Foundations of Chemistry*, 6, 93-116.
- Schummer, J.** (1998) The chemical core of chemistry I: A conceptual approach. *HYLE, An International Journal for the Philosophy of Chemistry*, 4 (2), 129-162.
- Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, T. L.** (2003) The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25, 1353-1368.
- Weininger, S. J.** (1998) Contemplating the finger: Visuality and the semiotics of chemistry. *HYLE, An International Journal for Philosophy of Chemistry*, 4 (1), 3-27.
- Wu, H. K., Krajcik, J. S., & Soloway, E.** (2001) Promoting understanding of chemical representations: students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 821-842.

Para reflexionar

QUÍMICA INORGÁNICA Y LOS ESTILOS DE APRENDIZAJE

Juana A. de Morán; Cristina Torres; Alejandra Michel; Dina Castillo

Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia - Universidad Nacional de Tucumán
San Miguel de Tucumán - Argentina
Email: jamoran@unt.edu.ar

Resumen

Se intenta detectar si existe una relación entre los estilos individuales de aprendizaje y el rendimiento académico en Química Inorgánica, en una facultad de Ciencias.

A tal fin se analizó la eventual asociación entre resultados del cuestionario Honey-Alonso modificado, y los de exámenes parciales y finales.

Del análisis es posible inferir una relación entre el estilo de aprendizaje y la capacidad para responder a un determinado tipo de pregunta.

Los resultados evidencian la necesidad de considerar los diferentes estilos al planificar instancias educativas, e implementar actividades tendientes a que el alumno conozca su propio estilo de aprendizaje.

Palabras clave: Estilos de aprendizaje- Química descriptiva- Química Inorgánica- Rendimiento académico- Evaluación de alumnos,

Abstract

One tries to detect the eventual relation between the individual styles of learning and the academic yield in Inorganic Chemistry, in a faculty of sciences.

To such a purpose the eventual association was analyzed between results of the questionnaire modified Honey-Alonso, and those of modular and final exams.

Of the analysis it is possible to infer a relation between the style of learning and the aptitude to answer to a certain type of question.

The results demonstrate the need to consider the different styles for planning educational strategies, and to implement activities tending to that the students can know his own style of learning.

Key words: Learning Styles- Descriptive Chemistry- Inorganic Chemistry- Performance- Evaluation

INTRODUCCIÓN

Autores como Pozo y Gómez-Crespo (1998); Furió y Furió (2000), han señalado algunas causas que explican las dificultades en el aprendizaje de la química en general:

- La existencia de diferentes niveles de descripción de la materia: macroscópico y microscópico, con diferentes entidades y conceptos asociados a cada uno de ellos.
- La complejidad del nivel representacional simbólico y gráfico utilizado para describir e interpretar la composición y estructura de la materia mediante símbolos, fórmulas, diagramas y modelos atómicos.
- El uso de diferentes modelos y teorías (Benarroch, 2000) y su carácter instrumental y evolutivo.

En particular, el aprendizaje de química inorgánica plantea a muchos alumnos serias dificultades, debido a:

- La cantidad de información disponible, que aumenta en forma constante, tanto en aspectos teóricos como en los experimentales y tecnológicos.
- La incorporación de nuevas áreas, como ciencia de los materiales, química bioinorgánica y otras.

- Las características de los contenidos que requieren emplear el razonamiento, la imaginación para el uso de modelos; y la memoria, para incorporar conocimientos fácticos.

La problemática descrita se complica aún más en el primer año de una facultad de ciencias, debido tanto a la creciente masividad, como a la diversidad de motivaciones, intereses y capacidades que se observa en los alumnos de cada cohorte.

Por ello es necesario desarrollar estrategias didácticas más eficaces para ayudar a los estudiantes a superar las dificultades de la asignatura.

Un factor que dificulta la selección de estrategias didácticas eficaces es la diversidad de estilos de aprendizaje de los estudiantes, entendiéndose por estilo un conjunto de comportamientos que implica una determinada manera de pensar. Cada estudiante posee un estilo personal para aprender.

López Fernández y Ballesteros Benjumeda (2003, Introducción, 8) definen el estilo de aprendizaje como “una preferencia de la persona a enfocar sus mecanismos cognitivos hacia determinados tipos de selección, percepción y comprensión de la información”.

El modelo teórico de Schmeck (1988) supone que el uso de determinadas estrategias representa un estilo. Señala tres dimensiones de estilos de aprendizaje: profundo, elaborativo y superficial.

El modelo de Kolb del Aprendizaje Experiencial (1984) postula un aprendizaje cíclico en cuatro etapas: Actuar, reflexionar, experimentar y teorizar. El Cuestionario de Kolb (1976), Learning Style Inventory, LSI, es un instrumento de autodiagnóstico para evaluar el énfasis relativo en cada una de las etapas del ciclo de aprendizaje.

Honey y Mumford (1986), asumiendo parcialmente la teoría de Kolb, proponen cuatro estilos de aprendizaje: activo, reflexivo, teórico y pragmático, según la mayor o menor preferencia respecto de alguna de las cuatro etapas del aprendizaje que propone Kolb.

Los autores describen los estilos de aprendizaje propuestos de la siguiente forma:

Activos: Personas de mente abierta, que se implican con entusiasmo en nuevas experiencias. Les agrada el trabajo en grupo, se involucran en los asuntos de los demás y centran a su alrededor todas las actividades.

Reflexivos: Consideran las experiencias desde diferentes perspectivas. Analizan detenidamente los datos antes de llegar a conclusiones. Observan la actuación de los demás, los escuchan, e intervienen cuando se han adueñado de la situación.

Teóricos: Integran las observaciones en teorías lógicas y complejas. Son perfeccionistas. Les gusta analizar y sintetizar. Son metódicos, estructurados, profundos para establecer principios, teorías y modelos.

Pragmáticos: Ven el aspecto positivo de nuevas ideas y las ponen en práctica en la primera oportunidad. Actúan rápidamente y con aplomo en las cuestiones que les interesan.

De los estudios realizados por Catalina Alonso, sobre la base del Learning Styles Questionnaire, LSQ (Honey y Mumford, 1986), surgió el Cuestionario de Estilos de Aprendizaje Honey- Alonso o CHAEA (Alonso, Gallego y Honey, 1999), sumamente significativo en la intervención pedagógica como instrumento de diagnóstico del estilo personal de aprendizaje. Dicho cuestionario, que mantiene el esquema de los cuatro estilos: activo, reflexivo, teórico y pragmático, consta de ochenta preguntas (veinte ítems referentes a cada uno de los cuatro estilos) a las que hay que responder manifestando acuerdo o desacuerdo.

El interés por el estudio de los estilos de aprendizaje entre alumnos universitarios ha ido creciendo en los últimos años, como lo demuestran las investigaciones realizadas por muchos autores, entre ellos Gil, Rodríguez, Trujillano, Carrillo y March (1999), López Fernández y Ballesteros Benjumeda (2003, Introducción, 8), Grau, Marabotto, Muelas y

Dato (2005) y otros.

El conocimiento, de parte del docente, de los estilos de aprendizaje predominantes en cada cohorte, contribuye a facilitar el diseño de procesos y estrategias de enseñanza adecuados. Por otra parte, también para el alumno es sumamente importante conocer su propio estilo, ya que así podrá planificar mejor sus aprendizajes, evitar bloqueos y optimizar sus resultados (Alonso, Gallego y Honey, 1994).

Los resultados del aprendizaje se exteriorizan a través de la evaluación, elemento fundamental y sumamente complejo del proceso de enseñanza-aprendizaje. En la universidad los principales medios para evaluar el aprendizaje del estudiante son los exámenes parciales o finales, orales o escritos, en los que predominan preguntas reproductivas del conocimiento, y que permiten calificar cuantitativamente el aprendizaje del estudiante. Esta modalidad de evaluación sumativa juzga sumariamente un proceso sumamente complejo, e implica un reduccionismo, ya que identifica la calificación con la evaluación (González Pérez, 2000).

Sin embargo, múltiples factores conducen a este tipo de evaluación: la masividad y heterogeneidad de la matrícula, la importancia de la objetividad en los resultados, la necesidad de acreditar los aprendizajes para permitir la promoción del alumno a niveles superiores.

En una cátedra de Química Inorgánica de una Facultad de Ciencias se utilizan como instrumentos de evaluación exámenes parciales y finales. En el marco de una investigación sobre la evaluación y su incidencia en el rendimiento académico, se describen en este trabajo los resultados obtenidos en la aplicación del cuestionario Honey-Alonso a dos grupos de alumnos de Química Inorgánica. Se analiza además, en uno de los grupos, la eventual relación del estilo de aprendizaje con el rendimiento académico en la asignatura.

Los objetivos de esta investigación son los siguientes:

Objetivo general:

- Determinar la relación que existe entre los estilos de aprendizaje y el nivel de rendimiento académico en Química Inorgánica de una Facultad de ciencias.

Objetivos específicos:

- Identificar los estilos de aprendizaje de los alumnos mediante el cuestionario de Honey- Alonso (CHAEA).
- Conocer los estilos de aprendizaje predominantes en dos grupos de alumnos con rendimiento académico diferente estableciendo si existe diferencia significativa en la distribución porcentual de los mismos.
- Analizar, en uno de los grupos, la eventual relación entre los estilos de aprendizaje y los indicadores de rendimiento académico.

METODOLOGÍA

Tipo de estudio

Se aplicó una metodología preexperimental para realizar un estudio de carácter correlacional. Para la unidad de análisis se consideró el método estadístico inferencial y la correlación de Pearson.

Poblaciones y muestras

Las poblaciones y muestras pertenecen al alumnado de Química Inorgánica de una Facultad de Ciencias.

Grupo A- Alumnos “regulares” (se entiende por regulares a los estudiantes que habían aprobado los trabajos prácticos de la asignatura en el período correspondiente). La población total es de 260 alumnos, de los cuales se eligió en forma aleatoria los 46 integrantes de dos comisiones de trabajos prácticos.

Grupo B – Alumnos “libres” (habían desaprobado los trabajos prácticos). La población total de “libres” es de 106 alumnos. Las limitaciones en cuanto a recursos y tiempo de la investigación obligaron a tomar una muestra ya creada, de tipo incidental, constituida por 26 estudiantes que después de aprobar una prueba de selección, habían sido aceptados para realizar un curso de recuperación. Por lo tanto se trata de un público cautivo y de un muestreo de conveniencia.

La falta de aleatorización de la muestra hace que las inferencias y conclusiones deban tomarse con reserva.

VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

Las variables son las siguientes:

- Indicadores del rendimiento académico: a) carácter de regular o libre; b) Calificaciones de los alumnos libres en dos parciales y en el examen final.
- Estilos de Aprendizaje: (Alonso, Gallego y Honey, 1994, 48). Se midieron a través del cuestionario C.H.A.E.A.

-Inscripción para el examen final.

El carácter de las variables es:

- Independiente: “Estilos de aprendizaje”
- Dependientes: “Indicadores del rendimiento académico”
“Inscripción para el examen final”

-Extrañas: “Formación previa: Año de ingreso a la facultad- Materias aprobadas- Nivel previo de dominio de los contenidos de la asignatura”

“Estilo de enseñanza del docente que los atendió en el cursado normal”

Para minimizar el efecto de la formación previa se aceptó para el grupo en estudio sólo a los alumnos que habían obtenido una determinada calificación en la prueba de nivel.

En cuanto al efecto del estilo de enseñanza del docente que los atendió anteriormente, se controló poniendo a los alumnos del curso a cargo de tres docentes de muy diferentes estilos de enseñanza.

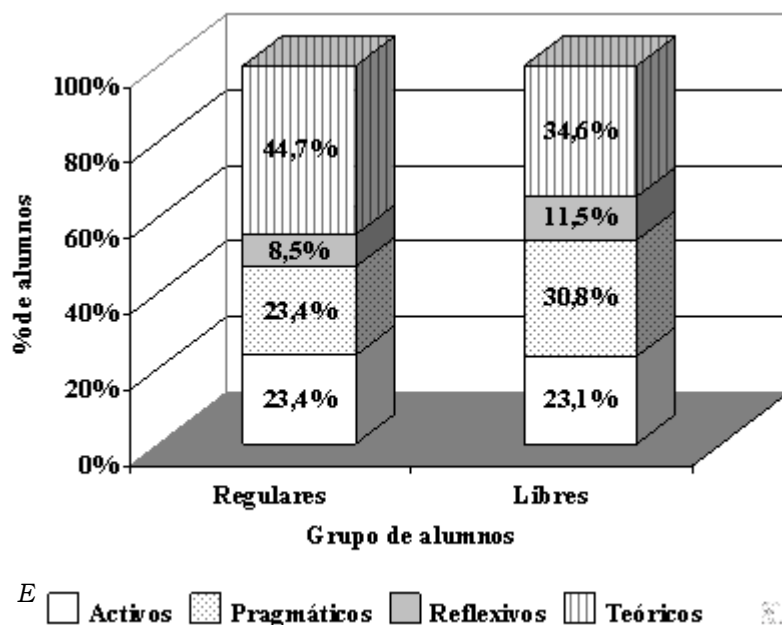
Instrumentos

Para determinar el estilo de aprendizaje de cada alumno se utilizó como instrumento de evaluación una versión del cuestionario Honey-Alonso (Alonso, Gallego y Honey, 1999).

Se modificó la terminología para adaptar el instrumento al lenguaje coloquial del estudiante argentino.

El cuestionario se aplicó a los dos grupos (A y B) a fin de establecer si la distribución de estilos presentaba diferencias significativas.

RESULTADOS



Distribución de los estilos

La figura 1 representa la distribución de los estilos de aprendizaje para ambos grupos (regulares y libres). Los estilos se identificaron usando el Baremo General Abreviado de Preferencias en Estilos de Aprendizaje

Fig. 1 – Distribución de estilos de aprendizaje

propuesto por Alonso, Gallego y Honey (1999) y se corroboraron los resultados mediante la versión informatizada de Grau, Marabotto, Muelas y Dato (2005).

En ambos grupos el estilo más frecuente es el teórico y el menos frecuente el reflexivo.

En la Tabla I se detallan los valores promedio del número de ítems contestados positivamente para cada estilo.

El análisis estadístico permitió determinar que no existe diferencia significativa entre ambos grupos.

Tabla I – Análisis estadístico

		Activo	Reflexivo	Teórico	Pragmático
Grupo A	Media (N= 47)	10,88	14,77	12,19	11,73
	Varianza	9,95	5,54	6,24	6,12
Grupo B	Media (N= 26)	10,53	14,81	12,43	12,06
	Varianza	7,21	6,64	4,99	6,45
	Estadístico t	0,50	0,06	0,41	0,54
	P(T<=t) dos colas	0,62	0,95	0,68	0,59
	Valor crítico de t (dos colas)	1,99	1,99	1,99	1,99

Resultados de las evaluaciones

En la tabla II se comparan, para el grupo B, los resultados promedio de tres evaluaciones escritas: 1^{er} y 2^o parcial y examen final, distribuidos según estilos de aprendizaje.

Todas las evaluaciones se rinden con un límite de tiempo establecido. La duración de la prueba, fijada por los docentes según el diseño, grado de dificultad y extensión del instrumento utilizado, se valida sobre la base de experiencias anteriores.

Debe destacarse que hay notorias diferencias en cuanto al tiempo que necesitan los estudiantes para la prueba. Algunos entregan sus evaluaciones mucho antes de la hora fijada; otros solicitan tiempo adicional. Un criterio no escrito, siempre aplicado, es que en el caso que ningún alumno entregue su prueba en el tiempo previsto, se asigna tiempo adicional.

En la tabla puede observarse que las calificaciones son para todos los estilos más bajas en el examen final que en los parciales. Este resultado es lógico si se considera que el examen abarca todos los contenidos de la asignatura, y el instrumento aplicado es más extenso.

El análisis estadístico permite establecer que existe una diferencia significativa entre los resultados promedio en los siguientes casos:

- En el 1^{er} Parcial, entre los alumnos del estilo activo y los del reflexivo, y entre los del estilo pragmático con los del reflexivo.
- En el 2^o parcial no se observan diferencias significativas.
- En el examen final, entre los alumnos del estilo pragmático y los del reflexivo, y entre los de estilo pragmático y activo.

Tabla II –Promedios en tres evaluaciones

Estilos	1^{er} Parcial	2^o parcial	Examen final
Activo	6,33	6,24	3,71
Pragmático	6,13	6,80	4,76
Reflexivo	4,55	6,30	3,43
Teórico	5,53	6,95	4,00

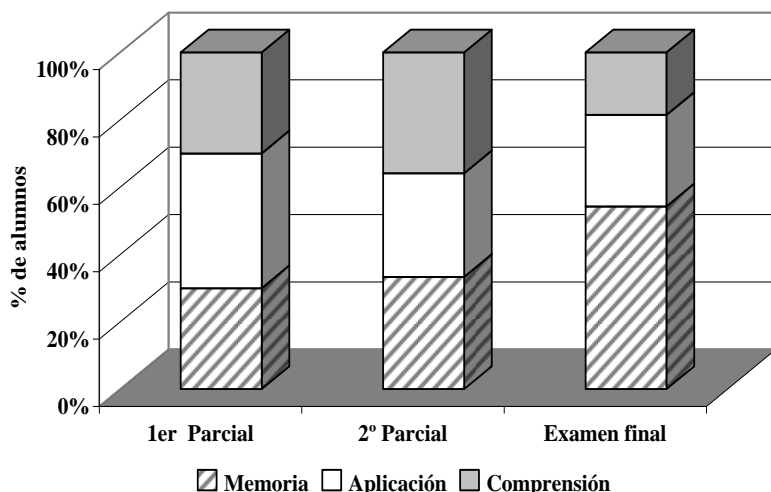


Figura 2- Nivel de las preguntas

ordenados jerárquicamente: Memoria, comprensión y aplicación.

Debe destacarse que las habilidades correspondientes a niveles más elevados del dominio cognitivo no se evalúan en los instrumentos analizados en este trabajo, sino preferentemente durante el desarrollo de los trabajos prácticos, en los cuales es más factible que se cumplan las condiciones para ello: atención personalizada y trabajo sin límite de tiempo.

En la figura 2 se representa la distribución de las preguntas para los instrumentos correspondientes a las evaluaciones citadas. En el 1^{er} Parcial predominan las preguntas que requieren aplicación de conocimientos, y en el examen final las de menor nivel jerárquico, que sólo demandan el uso de la memoria. En el 2º parcial se observa una distribución más uniforme de los tipos de preguntas.

Inscripción para el examen final

En la figura 3 se muestra el porcentaje de alumnos del grupo B que después del curso de recuperación se inscribieron para rendir como alumnos libres en la primera fecha de examen final.

Es de destacar que el examen libre reviste cierta dificultad para el estudiante, ya que implica tres instancias de evaluación: Prueba escrita sobre los trabajos prácticos, evaluación de laboratorio y el examen final propiamente dicho.

La mayor parte de los alumnos del estilo activo y del pragmático decidió rendir en la primera oportunidad, mientras que los de estilos teórico y reflexivo lo hicieron en menor proporción.

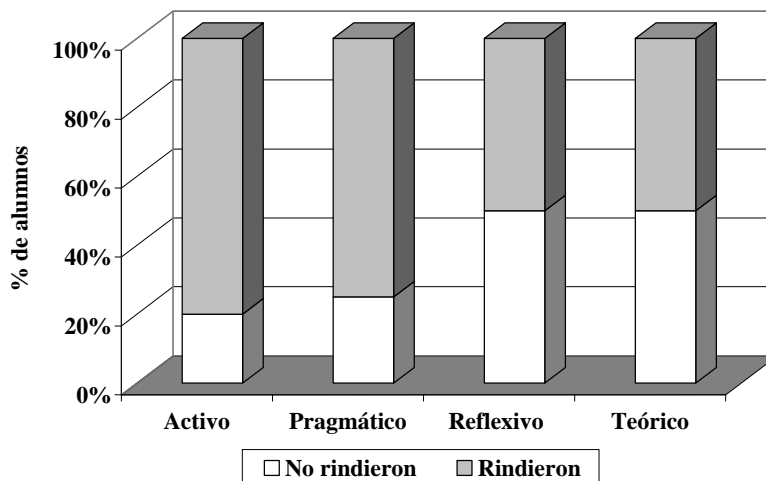


Figura 3- Inscripción para el examen final

Jerarquía de las preguntas

Los instrumentos de evaluación se analizaron tomando como referencia los niveles de dominio cognitivo de la taxonomía de Bloom (Bloom, Hastings y Madaus, 1975).

En las evaluaciones que se analizan, las preguntas responden a sólo tres de los niveles de la taxonomía,

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Estilos predominantes

Se observa que en ambos grupos predomina el estilo teórico y en segundo lugar el pragmático.

El análisis estadístico muestra que no existe una diferencia significativa entre ambos grupos en cuanto al porcentaje de alumnos de cada estilo. Tampoco existe diferencia significativa en los valores promedio del número de ítems del Cuestionario CHAEA contestados positivamente para cada estilo.

En consecuencia, no es posible inferir una asociación entre el éxito o el fracaso en la aprobación de los trabajos prácticos (*lo que determina si el alumno es regular o libre*) y el estilo de aprendizaje del sujeto.

Resultados de las evaluaciones

Para analizar las evaluaciones seleccionadas, debe tenerse en cuenta que, por razones operativas relacionadas con la masividad de la matrícula, las mismas contienen alta proporción de preguntas de tipo estructurado. Por los mismos motivos, se fija un límite de tiempo para realizar cada prueba.

- La diferencia observada en el primer 1^{er} Parcial, entre los alumnos del estilo activo y los del reflexivo, y entre los del pragmático con los del reflexivo, podría atribuirse al mayor porcentaje de preguntas de aplicación. Este hecho es bastante lógico, ya que el estilo activo se caracteriza por la implicación en la acción y el pragmático por la puesta en práctica de lo aprendido.

- Las calificaciones obtenidas en el examen final por los alumnos que poseen un estilo pragmático podrían explicarse por el grado de estructuración de las pruebas. Los alumnos de este estilo parecen responder correctamente a cuestiones donde hay una sola respuesta correcta a una pregunta o problema, como ocurre en este examen, que contiene un importante porcentaje de ítems (54,3 %) que requieren sólo el uso de la memoria.

- Los promedios más bajos corresponden en el 1^{er} Parcial y el examen final al estilo reflexivo. Este fenómeno puede atribuirse a la duración limitada de las pruebas. Probablemente el alumno de estilo reflexivo necesita más tiempo que el asignado por la cátedra para poder analizar exhaustivamente cada pregunta y elaborar concienzudamente su respuesta, ya que “gustan de considerar todas las alternativas posibles antes de realizar cualquier movimiento” (Cantú Hinojosa, 2004).

Inscripción para el examen final

Tal como era de esperar, los alumnos de estilo activo, quienes piensan que por lo menos una vez, hay que intentarlo todo (Cantú Hinojosa, 2004) y de estilo pragmático, que se caracterizan por la rapidez de su actuación y la practicidad para tomar decisiones, fueron los que en mayor proporción se presentaron al examen final.

En cambio, sólo la mitad de los estudiantes de los estilos teórico y reflexivo decidió rendir en la primera oportunidad.

Este hecho es lógico si se considera que los alumnos de estilo teórico son individuos perfeccionistas, y necesitan ordenar los conocimientos en un esquema racional, mientras que los de estilo reflexivo revisan y meditan detenidamente sus experiencias, y por lo tanto ambos grupos tienden a postergar la decisión de presentarse a examen.

CONCLUSIONES

El análisis realizado sugiere algún tipo de relación entre el estilo de aprendizaje detectado y la capacidad para responder a preguntas de un determinado nivel. Es posible que la construcción de los ítems de una evaluación no responda debidamente a

diferencias individuales, y que, en consecuencia, el éxito o el fracaso dependan del diseño de la evaluación, más que del nivel de conocimiento del alumno.

Los resultados evidencian la importancia de:

- Tener en cuenta las diferentes formas de abordar el trabajo intelectual al planear las instancias de enseñanza-aprendizaje: clases, talleres, y al elaborar el material didáctico.
- Rediseñar los instrumentos de evaluación y diversificar los tipos de pregunta para garantizar imparcialidad frente a la pluralidad de estilos de aprendizaje de los estudiantes.
- Investigar sobre la eventual relación entre el tiempo que necesita un alumno para responder a un cuestionario, y su estilo de aprendizaje.
- Implementar actividades tendientes a que el alumno adquiriera un cierto conocimiento sobre su propio estilo, para que, comprendiendo los procesos intelectuales involucrados en su aprendizaje, pueda aumentar su nivel de motivación y lograr la optimización de sus potencialidades.
- Brindar orientación a los alumnos de bajo rendimiento sobre las estrategias adecuadas para mejorar su estilo de aprendizaje.
- Continuar investigando sobre el tema, en especial en cuanto a la relación de los estilos de aprendizaje con los estilos de enseñanza de los docentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alonso, C., Gallego, D. y Honey, P. (1994). *Los estilos de aprendizaje: qué son. Cómo diagnosticarlos. Cómo mejorar el propio estilo de aprendizaje*. Bilbao, España: Editorial Mensajero.

Alonso, C., Gallego, D. y Honey, P. (1999). CHAEA: Cuestionario de Honey-Alonso de estilos de aprendizaje. Interpretación, baremos y normas de aplicación. En, *Estilos de aprendizaje. Procedimientos de diagnóstico y mejora*. (107-121). España: Ediciones Mensajero.

Benarroch, A. (2000). Del modelo cinético-corpúscular a los modelos atómicos. Reflexiones didácticas. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 23, 95-108.

Bloom, B., Hastings, T. y Madaus, G., (1975). *Evaluación del aprendizaje*. Troquel: Buenos Aires.

Cantú Hinojosa, I. L. (2004). El estilo de aprendizaje y la relación con el desempeño académico de los estudiantes de arquitectura de la UANL. *Ciencia UANL*, VII, 1, 72-79.

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

Gil, M. J, Rodríguez, A., Trujillano, J. J., Carrillo, y F., March, J. (1999). Estilos de aprendizaje en estudiantes universitarios de Ciencias de la Salud. Análisis comparativo por ciclos. XIV Congreso Nacional de la Sociedad Española de Educación Médica (SEDEM); Barcelona. p 72

González Pérez, M. (1999) La evaluación del aprendizaje. Tendencias y reflexión crítica. *Rev. Cub. Ed. Sup.* 19 (3)

Grau, J. E., Marabotto, M. I., Muelas, E. N. y Dato, C. (2005). *El CHAEA informatizado y las estrategias de enseñanza*. Buenos Aires, Argentina: FUNDEC.

Honey P., Mumford A (1986). *The manual of learning styles*. Maidenhead, Berkshire, UK: Peter Honey.

Kolb, D.A (1984). *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, N. J., USA - Prentice Hall Inc.

Kolb, D.A. (1976). *The learning style inventory: Technical Manual*. Boston, Massachusetts, USA: McBer y Co.

López Fernández, C., Ballesteros Benjumeda, B. (2003). Evaluación de los estilos de aprendizaje en estudiantes de enfermería mediante el cuestionario CHAEA. *Enfermería Global, N° 3. Administración-Gestión-Calidad*. Servicio de publicaciones. Universidad de Murcia. <http://www.um.es/eglobal/3/pdf/03d03.pdf>

Pozo, I. y Gómez Crespo, M. (2000) "*Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*". Ed. Morata. S.L. Segunda edición. Madrid. España.

Schmeck, R.R. (1988). *Learning Strategies and Learnig Styles: Perspectives on individual differences*. London, UK: Plenum Press.

Para reflexionar

CONSTRUYENDO UN MODELO DE CAMBIO QUÍMICO

Scandroli, Norberto ⁽¹⁾; Diez, María Luz ⁽¹⁾; Azcue, Magdalena.

Facultad de Ciencias Veterinarias – UNCPBA – Tandil

⁽¹⁾Grupo de Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales (GIDCE).

Facultad de Ingeniería. UNCPBA.

nscandroli@gmail.com

Resumen

En las aulas universitarias, existe una separación muy común entre “teoría”, “trabajo experimental” y “problemas” que no guarda paralelismo alguno con la actividad científica real. En este trabajo se analizan los resultados de una experiencia que busca integrar esas tres actividades.

En la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UNCPBA, en Tandil (Argentina), a un grupo de alumnos de primer año, se les propuso un problema a investigar. Debían armar un diseño experimental, ejecutarlo, comparar resultados, extraer inferencias de un hecho empírico, y aplicar conceptos de óxido-reducción.

Al comenzar la actividad se percibe el desconcierto de los estudiantes frente a esta problemática inusual para ellos, de diseñar la actividad científica, pero luego la realizan en forma cooperativa y con entusiasmo.

Palabras clave: trabajo experimental, óxido-reducción, resolución de problemas.

Abstract

At university classrooms, there tends to be a separation between "theory", "experimental work" and "problems" that does not present any parallelism with the actual scientific activity. This paper analyzes the results of an experience that aims at integrating those three activities.

At the Faculty of Veterinary Sciences of the UNCPBA, in Tandil (Argentina), a group of students in their first year were presented with a problem-solving on chemistry. The instruction was to assemble an experimental design, implement it, compare results, draw inferences and conclusions based on empirical facts and, finally, apply oxide-reduction concepts.

The students' first reaction when confronted with the design and implementation task was that of confusion. However, they later on managed work with collaboratively and enthusiastically.

Key words: experimental work, oxide-reduction, problem solving.

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es analizar las reacciones, opiniones y respuestas de un grupo de alumnos, frente a una actividad experimental de naturaleza investigadora, que les permite tener una experiencia sobre el proceso químico a modelar.

Este trabajo práctico intenta eliminar la distinción clásica entre “teoría”, “prácticas de laboratorio” y “problemas”, muy común en las aulas universitarias aún hoy, que no tiene ninguna relación con la actividad científica real (Gil et. al, 1999). Y fundamentalmente, se busca que los alumnos interpreten, observando una reacción química en vivo y en directo, ya que el 60 % de ellos, manifiesta no haber analizado nunca en su escuela un fenómeno químico.

Se considera que, “para que los estudiantes construyan un edificio de conocimientos sólido, resultan necesarios la experimentación, las preguntas frecuentes, el diálogo socrático, los razonamientos rigurosos, lógicamente consistentes y carentes de circularidades. Todas éstas son facetas del ‘buen pensar’ en la clase de ciencias. Es

importante que aprendan a realizar observaciones y extraer conclusiones de ellas, a hacer simplificaciones, generar modelos, e identificar los supuestos implícitos. El docente debe crear las condiciones que presenten una eficaz guía para la indagación y el desarrollo de las ideas científicas por parte de los alumnos” (Comisión Nacional, 2007).

Es fundamental diseñar unas *prácticas de laboratorio* que no acaben convertidas en las tradicionales recetas tan conocidas y denostadas (Hodson, 1994). Además, "si las teorías científicas han surgido siempre como respuestas a problemas formulados, un planteamiento como éste ayudará a conocer cómo se construye la ciencia" (Jiménez A., 2003).

Ya Lavoisier decía que los hechos del mundo son los que generan, en el investigador, la idea científica y que es necesario disponer de la palabra más adecuada a esa idea, para poder hablar del hecho, que queda así interpretado y se hace comprensible (Izquierdo 2005b).

Hecho → Idea → Palabra

Este esquema ha sido utilizado en la enseñanza como si fuera reversible, como si pudiera funcionar en sentido inverso: la palabra científica genera en el estudiante la idea científica con la cual el hecho queda interpretado. Pero ha llegado el momento de poner en crisis este esquema, porque ahora sabemos que los términos cobran sentido dentro de la actividad científica, y sin ella, carecen de significado (Lemke, 1997; Chamizo G., 2007).

Según Giere (1988), las teorías científicas tienen significado en relación con los fenómenos en los que se ha intervenido (son “experiencia” no sólo experimento) y por eso insiste en que una teoría es un conjunto de modelos y de hechos del mundo que se reconocen “similares” a los modelos y que han sido interpretados por un proceso de modelización con sus propias “reglas del juego”.

Podríamos reconstruir la historia de la ciencia haciendo ver que ha habido diversidad de modelos y diversidad de lenguajes, y que todos ellos han intentado comunicar ideas y acciones sobre el mundo: todos ellos han “transformado el mundo” (Duschl, 1997).

La clase tradicional se centra en los libros de texto hasta tal punto de confundir los conocimientos científicos con el contenido del libro. La clase de ciencias ha de centrarse en la creación de lenguaje “honesto”, con el cual se piensa y se actúa. El lenguaje está liberado del requisito de ser preciso, y una vez superada esta exigencia, por imposible, se puede “jugar con el lenguaje” para favorecer la interpretación más válida de un término. Así, el primer paso es convencernos de que los “contenidos” no están en ninguna parte, ni en un libro ni en la red. Son “conocimiento” y son inseparables de la actividad científica (Izquierdo, 2005b).

DESARROLLO

El trabajo práctico consistió en presentar a los estudiantes un problema químico, experimental, con cinco reactivos desconocidos y preguntas a investigar. Debían armar un diseño experimental, llevarlo a cabo, luego comparar resultados y sacar

conclusiones. Posteriormente, aplicar conceptos de óxido-reducción, para explicar los cambios químicos observados.

De esta manera, diseñaron una actividad científica para extraer inferencias de un hecho empírico y completar luego el modelo de cambio químico (Izquierdo, 2005a; Justi et al, 2003).

Se considera que esta estrategia de enseñanza permite que los alumnos comprendan la importancia del proceso de la elaboración de un modelo en la construcción del conocimiento científico (Justi, 2006).

En una primera parte se presentó a veinticinco alumnos voluntarios, el siguiente problema químico:

Dados cinco frascos goteros, conteniendo todos líquidos incoloros, la mezcla de dos o más de ellos, produce un color amarillo pálido. Y la mezcla de dos o más de ellos, produce un color amarillo rojizo.

- ¿Cuántas mezclas distintas se podrían realizar con los cinco líquidos (sin importar el orden)? Arma un diseño. - ¿Cuáles serán esas mezclas?

Compara los resultados obtenidos y responde lo siguiente:

- Si uno de los líquidos es agua destilada, ¿cuál sería? Argumenta tu respuesta.
- Si otro de los líquidos es el catalizador de la reacción, ¿cuál sería? ¿Por qué?

Posteriormente a este trabajo, y una vez que respondieron las preguntas anteriores, en base a la comparación de resultados obtenidos en la actividad experimental, se les entregó a los alumnos, una nueva problemática:

Si ahora supieras que uno de los líquidos (el 5) contiene el anión yoduro (I^-), que al reaccionar con el agua oxigenada (¿en qué frasco se encuentra?) forma I_2 (rojizo cuando es concentrado), ¿cómo explicarías la aparición del color? ¿Por qué desaparece el color cuando le agregas el líquido del frasco 4?

Por último, y a los efectos de ir elaborando el modelo que represente el proceso químico observado, se indicó:

Ahora, completa los espacios en blanco en la siguiente frase:

El agua oxigenada se denominada oxidante, porque electrones al yoduro, y lo transforma en yodo (el elemento Yodo se y aumenta su número de oxidación dea.....). El líquido del frasco 4 contiene anión hiposulfito que es reductor, y por lo

tanto electrones al yodo molecular presente en el líquido rojizo, y lo transforma en un incoloro.

RESULTADOS

Mediante observación participante y una pregunta final (“¿Cuál es tu opinión sobre este trabajo práctico?”) se describió la actividad realizada y fundamentalmente las actitudes de los alumnos frente a este problema químico.

“Hacer, pensar y comunicar, son los tres vértices del triángulo del aprendizaje de las ciencias” (Izquierdo y Aliberas, 2004), y en relación a esta concepción, es interesante reflexionar acerca de las opiniones siguientes, que fueron expresadas por alumnos de primer año, de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UNCPBA, en Tandil, luego de un trabajo práctico:

- Opino que fue un experimento interesante, estuvo bueno... porque me ayudó a entender más óxido-reducción.
- Me pareció útil para entender cómo funcionan las reacciones redox. La parte práctica ayuda a visualizar la teoría de las clases.
- Me agradó poder ver las reacciones en el tubo de ensayo, se las aprecia de otra forma.
- Es interesante hacer esta experiencia porque es algo más gráfico y se entiende un poco mejor la parte teórica.
- Me pareció muy buena didáctica. Entretenido.
- Como no hemos tenido clases prácticas en el cuatrimestre, ha sido muy bueno, cerrar la cursada con un “experimento”. Gracias!

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los alumnos mostraban una gran vacilación frente a la tarea no pautada de realizar el diseño, quizás porque en trabajos prácticos realizados anteriormente contaban con las indicaciones de las acciones a seguir.

Hicieron varios intentos tratando de matematizar las posibles combinaciones y no se animaban a comenzar sin la aprobación del docente. Armar un diseño, no les resultó familiar, y tuvieron por esto, grandes inconvenientes.

Una vez que comenzó la investigación, se produjo trabajo cooperativo y un gran entusiasmo por poder observar cada mezcla preparada. Comenzaron a hacer comparaciones e inferencias.

Los resultados observados permiten considerar que la estrategia de enseñanza utilizada fue altamente motivadora y ayudó a la comprensión de este modelo abstracto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chamizo Guerrero, J. A. (2007) Las aportaciones de Toulmin a la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 25 (1), pp. 133-146.

Comisión Nacional para el Mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias Naturales y la Matemática (2007). *Informe final*. Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la República Argentina.

Duschl, Richard. (1997). *Renovar la Enseñanza de las Ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo*. Narcea S.A. Madrid.

Gil Pérez, D., Furió, C., Valdés, P., Salinas, J., Martínez, J., Guisasola, J., González, E., Dumas, A., Goffard, M. y Pessoa, A. M. (1999) ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), pp. 311-320.

Giere, R. N. (1988) *Explaining Science, A cognitive approach*. Chicago: University of Chicago Press.

Hodson, D. (1994) Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, pp. 299-313.

Izquierdo, M. y Aliberas, J. (2004) *Pensar, actuar i parlar a les classes de ciències*. Materials 150. Servei de Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona

Izquierdo, M. (2005a) (coord.) *Resoldre problemes per aprendre*. Bellaterra: UAB - IDES.

Izquierdo, M. (2005b). Hacia una teoría de los contenidos escolares. *Enseñanza de las Ciencias*, 23 (1), pp.: 111-122.

Jiménez Aleixandre, M. P. (2003). Comunicación y lenguaje en la clase de ciencias, en Jiménez (coord.), Caamaño, Oñorbe, Pedrinaci, De Pro. *Enseñar ciencias*. Barcelona: Graó.

Justi, R. y Gilbert, J.K. (2003). Models and Modelling in Chemical Education, en Gilbert, J.K., Jong, O.D., Justi, R., Treagust, D.F. y V. Driel, J.H. (eds.). *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, pp. 47-68. Dordrecht: Kluwer.

Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (2), pp.: 173-184.

Lemke, J. (1997). *Aprender a hablar ciencias*. Barcelona: Paidós.

De interés

EN BUSCA DE UNA LECTURA NO LITERAL DE LOS TEXTOS Y ARTÍCULOS DE DIVULGACIÓN EN LAS CLASES DE CIENCIAS

Alicia Seferian

U. N. San Martín. Argentina
aliseferian@yahoo.com.ar

Resumen

La lectura nos ha acompañado desde pequeños tanto en los ratos de ocio como en nuestros estudios. Actualmente la mayoría de los jóvenes no entiende el atractivo de los libros sino que por el contrario se sumerge en los videojuegos que captan en gran medida su atención.

Por otra parte, la lectura y comprensión de textos y artículos científicos, se torna cada vez más álgida si tenemos en cuenta las dificultades que entraña su decodificación por parte de un novato y el poco tiempo que están dispuestos a invertir en este emprendimiento que es la comprensión de textos científicos.

En el presente artículo, se intenta, desde el marco conceptual de la alfabetización científica que incluye a la ciencia escolar, elaborar algunas reflexiones al respecto y proponer, en función de las orientaciones didácticas que sustentan este trabajo, una tarea conjunta entre docente y alumno así como entre pares, que facilite la interpretación de textos y artículos científicos, afines a los posibles intereses de los alumnos y que pueda en la medida de lo posible resultarles amena, lo que quizás permita un mayor acercamiento hacia los temas de la ciencia .

Palabras clave: comprensión de textos, lectura no literal, alfabetización científica

Abstract

Since our childhood we all have been reading both during our studies and also as leisure. But nowadays, the majority of youngsters are not attracted anymore by books, and on the contrary, their attention is caught by video games.

Hence, the reading and the comprehension of textbooks and scientific articles becomes a difficult task, especially if we take into account the problems that their decodification implies, in particular to novices, and the short time that they are willing to invest in it.

Based on the conceptual frame of scientific literacy, that includes the so called “School Science”, and using the didactic orientations that sustain the present work, we intend to elaborate some reflections on the mentioned subject. We propose coordination between teachers and students, as well as between peers, that we expect to facilitate the interpretation of scientific texts and articles by attracting their attention, and as a result hopefully allow them to get a better approach towards the topics of science.

Key words: texts comprehension, non literal reading, scientific literacy

Todos aquellos que disfrutamos de la lectura y hemos entablado una amistad de por vida con los libros, compañeros en los ratos de ocio, y portadores de conocimientos que en muchos casos permitieron guiarnos en nuestra vocación , tenemos dificultad para comprender que la mayoría de los jóvenes, pese a estar inmersos en la era de la comunicación no incorporan el libro a sus vidas como objeto relevante y en cambio son absorbidos por la diversidad de juegos virtuales.

Las nuevas tecnologías impactan a los niños y jóvenes ya que se les presentan múltiples opciones de video música y juegos de manera instantánea, miles de artículos del tema que deseen, resúmenes de publicaciones de ciencia, libros electrónicos, ahora: ¿Se ha logrado con todo ello un mayor conocimiento de la ciencia? ¿Ha facilitado el análisis de

temas diversos?; por el contrario, nos encontramos inmersos en un cúmulo de información que a penas queda tiempo para decodificar.

Los docentes de ciencias, por una parte incorporamos las nuevas tecnologías ya que implican un valioso aporte como herramienta didáctica pero ello no implica que podamos prescindir del libro como material de estudio y análisis y por otra parte, y resulta fundamental potenciar en el aula la reinterpretación de diversos textos científicos.

Sin embargo, más allá de las cuestiones citadas previamente, somos concientes de las dificultades que entraña la lectura y análisis de textos de divulgación así como textos de ciencias en los cuales su comprensión no es literal, que se requiere conocer la parte sumergida del iceberg, según la analogía que presenta Ogborn (1998) para poder explicar la parte visible. Nos sorprendemos cuando los alumnos nos dicen que no comprenden aquello que leen del libro de texto, sucede que son incapaces por si solos de lograr el proceso de decodificación requerido ya que las palabras pierden buena parte de su significado si el texto no lo interpreta un experto. En este sentido, expresa Sanmartí (2000): “ la manera en que se les presenta la ciencia les resulta demasiado desconocida o demasiado diferente de lo que saben y entonces no alcanzan a encontrarle el interés o valor”. En este sentido, la polisemia de las palabras específicas de ciencia presenta otro obstáculo que requiere un adecuado andamiaje docente y que no se resuelve con un diccionario de sinónimos.

La falta de motivación del alumnado con respecto a la lectura y las dificultades propias de la comprensión de textos científicos ha generado la tendencia a simplificar al máximo las demandas de manera tal que los materiales áulicos se presentan demasiado simples que según expresa Roca (2005) :“..sólo obligan a una lectura literal”, es decir, no se requiere interpretación y las respuestas a las preguntas que se realizan sólo requieren la copia textual de algún párrafo del texto.

Por otra parte, Galagovsky (1999), habla de las dificultades del novato en comprender aspectos sintácticos y semánticos del lenguaje experto, tan alejado del cotidiano al cual el alumno está habituado. Si tomamos un ejemplo de química, podremos entender a que hacemos referencia ya que nombrar una sal, por ejemplo sulfato de cobre, escribir su simbología química en el pizarrón y por otra parte modelizar la misma con esferas y varillas de madera, da cuenta de una gran variedad de códigos específicos que apuntan al mismo concepto pero que simultáneamente requieren de una gran movilidad representacional.

Las tendencias actuales en enseñanza de las ciencias, profundizan en la idea de *ciencia escolar*, entendida como la complejización y evolución paulatina y conjunta del conocimiento cotidiano y científico, lo cual sucede por la interacción de ambas formas del conocimiento propiciado desde las aulas y no como un enfrentamiento de posturas antagónicas.(García, 2002)

En otras palabras, así como a través de la historia de las ciencias vemos lo dificultoso que ha sido y el tiempo que transcurrió para que fenómenos cotidianos fueran interpretados dejando de lado el animismo y la magia, el alumno es incapaz de comprender con sólo una explicación o una lectura, la complejidad que entraña temas tan simples aparentemente como el vacío, la solubilidad, la atmósfera y sus efectos, entre otros. Sabemos desde hace bastante tiempo que el alumno no es una tabla rasa y en general, tiene una explicación cotidiana para cada fenómeno que se le presenta y es

justamente en el aula, donde llega un momento en el cual, dichas explicaciones no colaboran para poder clarificar y profundizar en el tema; un adecuado acompañamiento docente, permitirá que el novato incorpore en forma paulatina aquellas ideas mas cercanas al conocimiento científico.

La idea de ciencia escolar semeja de algún modo al modelo de dialéctica Hegeliana que retoma el filósofo Gadamer en referencia al conocer, cuando el individuo encuentra algo que no es incluíble en los conceptos que ya posee, se ve obligado a volver sobre sí mismo en forma reflexiva y adecuará los conceptos existentes a la nueva realidad; de esta manera el sujeto se modifica y enriquece su modo de ver.

En este sentido, la comprensión de textos de ciencias es afín a un proceso interactivo entre el texto y quién lo lee, por cuanto el conocimiento de los lectores favorece interpretaciones diversas. Caballer (2001).

Uno de los principales objetivos de la *ciencia escolar*, apunta a fomentar el desarrollo de habilidades cognitivo lingüísticas en el alumno que obviamente demandan un importante esfuerzo por parte del docente. Dichos procesos son muy variados y fomentan la reflexión y análisis del alumno.

Hace varios años y con la intención de revertir el escaso interés de los jóvenes hacia las ciencias, la alfabetización científica adquirió relevancia desde la didáctica de las ciencias naturales a partir de Fourez (1997), Vilches y Gil (2003), Acevedo (2003), entre otros. Se sitúa como marco de referencia que incluye la ciencia escolar, ya que se consideran aquellas temáticas que impactan diariamente en la vida de los niños y los jóvenes y forman parte de la cultura contemporánea puesto que su adecuada apropiación permite comprender y formarse una opinión, como futuros ciudadanos, de los temas que diariamente se presentan en las noticias.

Sin embargo, según se explicitó anteriormente, es dificultoso lograr una adecuada interpretación de los mismos sin el necesario andamiaje docente.

Evidentemente, el panorama presentado no resulta muy alentador para el profesor de ciencias, quien debe sortear múltiples obstáculos si desea que los alumnos trabajen con libros de texto o de divulgación, teniendo en cuenta estas tendencias, y se genere un clima de discusión en el aula con respecto al tema tratado.

¿Qué estrategias didácticas, podrían entonces favorecer la comprensión de textos científicos en el aula a fin de superar algunos de los mayores obstáculos presentados?

✓ Con respecto al atractivo que tienen los juegos interactivos de video, existen programas de aprendizaje asistidos por computadora pero seguramente encontrarán que la organización de los temas y en la forma en que estos se explicitan, no son las adecuadas para la secuencia didáctica que desean desarrollar; sin embargo, existen diversos sitios de ciencia recreativa donde los alumnos pueden encontrar temas de su interés explicados en forma simple y a su vez con rigor científico.

✓ La búsqueda de información teniendo en cuenta las afinidades de los alumnos puede ser un buen comienzo para acercarnos a los intereses de los mismos si tenemos en cuenta algunas consideraciones.

✓ Cuando decimos que busquen material sobre algún tema de ciencia que les resulte interesante, nos olvidamos que el resultado de ello puede ser una parva de hojas impresas de alguna enciclopedia digital o sitio de monografías en el caso de tener

acceso a Internet o bien diversos textos que tratan un mismo tema en forma inadecuada ya sea por exceder el nivel que puede llegar a comprender el alumno o bien, el tema es explicado en forma errónea o elemental. Seguramente alguno de nuestros alumnos habrá conseguido el artículo preciso conciso sin errores conceptuales y de actualidad, el hijo de nuestro colega de ciencias. Posteriormente vendrá el consabido: “¿me saqué un 10 ¿no?”, “mire todas las hojas que traje!”.

Se pueden obtener mejores resultados si se indica dónde buscar y qué buscar, ya que el alumno no posee la habilidad necesaria para seleccionar material adecuado, más aún de una disciplina que conoce medianamente o bien, se desconoce.

✓ Con respecto a la dificultad que presenta la lectura del artículo y su interpretación, he aquí un ejemplo: “Contá Cecilia, para toda la clase, sobre qué trata el artículo que leíste con tu grupo sobre los elementos en la naturaleza y el problema de los metales pesados”. Cecilia, seguramente tomará el artículo y comenzará a leer frases La docente le cuestionará: “Te entiendo pero quisiera que lo expresas con tus propias palabras”, a lo cual o bien no habrá respuesta o quizás conteste: “y ... en el diccionario dice que elemento es el fundamento móvil o parte integrante de algo, cada uno de los cuatro principios que formaban los cuerpos”. Evidentemente no hubo comprensión por lo tanto no habrá interpretación. La alumna realizó una lectura literal y se encontró con una palabra desconocida que trató de interpretar según lo que decía el diccionario.

Parte del artículo tiene que ver con una problemática actual que seguramente alguno de los alumnos de la clase conoce porque escuchó información en un noticiero o porque encontraron que los análisis de un familiar indica exceso de plomo en sangre. Los comentarios que se generen en la clase, brindaran la posibilidad de complejizar gradualmente los mismos.

Convendría en estos casos, más aun donde los términos que se presentan son muy abstractos como iones, parte por millón, trabajarlos previamente instando a la clase a dar sus propias explicaciones orientados por preguntas, anotar en el pizarrón las diversas interpretaciones tratando de consensuar qué significación le damos en esta primera aproximación. Recién entonces la lectura del artículo cobrará cierto significado para el alumno.

Una guía de lectura es una opción válida, siempre y cuando las preguntas que se realizan no se respondan de manera literal y requieran un cierto análisis aunque no convendría trabajarla previa a la interpretación de ideas para obtener un mejor resultado.

✓ Es interesante que los alumnos distingan las palabras clave del texto y trabajen su significado en forma interactiva con el profesor, por ejemplo, anotando las mismas en el pizarrón, discutiendo si el resto de la clase considera dichas palabras como esenciales y posteriormente relacionarlas como actividad de cierre mediante una trama de contenidos o en el mejor de los casos una red conceptual.

✓ Otra actividad que permite distinguir en forma mas clara el significado de un término específico de ciencia es presentarles a los alumnos párrafos donde el término en cuestión se emplee pero de acuerdo a sus diversos significados y que los alumnos seleccionen qué párrafo tiene relación con el texto trabajado.

✓ Una actividad a modo de cierre puede ser cambiarle el título al texto leído de manera tal que sea atractivo para su lectura y que nos dé una idea de que trata el artículo. Dicha actividad requiere de la comprensión e interpretación del texto y en general es bien recibida por la clase que la considera a modo de desafío entre grupos.

✓ Propiciar que las correcciones sean cuestiones a resolver a partir de los errores en redacción y explicación es decir, propiciar una metacognición del trabajo realizado.

CONCLUSIONES.

Si bien el tema presentado es sumamente extenso para tratarlo con la profundidad que merece, hemos intentado hacer hincapié en algunas cuestiones básicas a fin de clarificar esta seria problemática que nos toca de cerca a todos los docentes de diversos niveles educativos y las posibilidades que tenemos de mejorar la comprensión de los textos en los alumnos mediante temas de interés que apuntan a una alfabetización científico tecnológica, interacción en el aula y resignificación de ideas. El interés por los temas de ciencia no se soluciona con el acceso a sitios de internet o enciclopedias especializadas ya que una vez que comienzan a leer diferentes temas, les resulta complejo entender su significado como consecuencia pierden el interés inicial.

Según se ha explicitado, la comprensión de textos por parte de los alumnos no es una tarea sencilla, demanda sortear diversos obstáculos como la sintaxis y semántica propia de los textos científicos así como también la polisemia de sus palabras; por otra parte, una lectura excesivamente literal sin una adecuada visión sistémica impide la comprensión correcta y sólo mediante la colaboración del docente y la interacción entre el grupo de pares y a su vez con el docente permitirá que los textos de ciencias así como los artículos de divulgación cobren sentido para los alumnos .

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, A., Alonso, A. y Manassero M.** (2003) Papel de la educación CTS en una alfabetización científico tecnológica para todas las personas. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*. 2 (2) pp. 1-49
- Caballer, M. J y Serra, R.** (2001) Aprender a leer y escribir ciencias. *Alambique* 30 pp.99-116.
- Furez, G.** (1997) *Alfabetización científica y tecnológica Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires. Colihue.
- Galagovsky, L.** (1998) Problemas con el lenguaje científico en la escuela. Un análisis desde la observación de clases de ciencias naturales. *Enseñanza de las ciencias*. 16 (2) pp. 315-321.
- Gómez Moliné, M. y Sanmartí, N.** (2000) Reflexiones sobre el lenguaje de la ciencia y el aprendizaje. *Educación Química* 11 (2) pp. 266-273.
- Sardá, J., Márquez Bargalló, C. y Sanmartí, N.**(2006) Cómo promover distintos niveles de lectura de los textos de ciencia. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*. 5 (2) p. 290-303.
- Lemke, J.** (1997) Aprender a hablar ciencias. Madrid. Paidós.
- Roca, M.** (2005) Cuestionando las cuestiones. *Alambique* 45 pp. 9-18.
- Ogborn, J. et al.** (1998) Formas de explicar. En: La enseñanza de las ciencias en secundaria, Madrid. Aula XXI Santillana.
- Vilches, A. y Gil, Pérez, D.** (2003) Construyamos un futuro sostenible Diálogos de supervivencia. Madrid. Cambridge University Press.

De interés

CIENCIA, EDUCACIÓN Y COMUNIDAD

Edgardo Aníbal Disalvo

Fac. Farmacia y Bioquímica, UBA - Comisión de Enseñanza de las Ciencias, Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Buenos Aires, Argentina
eadisal@yahoo.com.ar .

Ha tenido gran y favorable repercusión la creación del Ministerio de Ciencia y Tecnología, sobre la base de la anterior Secretaría de Ciencia y Técnica. Es poco lo que se puede agregar de positivo a lo que ya se ha dicho sobre esta resolución. Sin embargo, a pesar de lógica y oportuna, no debemos dejar de señalar que esta medida viene con, por lo menos, 40 o 50 años de atraso. En efecto, muchos países dieron mucho antes a la ciencia la prioridad y la jerarquización en sus niveles de resolución y acción, desprendiéndose del estéril debate si es cara, si debe reservarse a países desarrollados o si se debe hacer ciencia básica o aplicada.

Esta división es tan estéril como la de pretender dividir el conocimiento dentro de la formación de nuestros ciudadanos en ciencias duras y ciencias humanísticas o sociales. Dar cabida a ese debate es fragmentar la formación y perder el horizonte de para qué educamos, para qué hacemos ciencia y para qué formamos profesionales. Y aquí es donde la creación del Ministerio abre un interrogante. Como ya hemos dicho la creación aquí novedosa, ya es cotidiana y consolidada en otros países (sin distinguir el primer mundo de otros en esta materia). Hoy el debate pasa por como proyectar la ciencia a la sociedad pero por otros caminos o ligazones más allá del meramente vinculado al aparato productivo, o al bienestar general. Si adoptamos una definición de ciencia en el sentido que es lo que da lugar a lo que sirve, en el sentido positivo, restringimos la validez de la ciencia a la de sus resultados. Es decir, aun cuando discutamos ciencia básica o ciencia aplicada, aun cuando se decida que la ciencia básica es fundamental, lo estamos haciendo dentro de la proyección de la ciencia a lo que puede servir o surgir después como beneficio. En otras palabras, tenemos siempre adelante el concepto de ciencia utilitaria o sea la que puede dar una utilidad. Y esta utilidad, en general, se la mide por los rendimientos en términos económicos.

Más aun, cuando se habla de formación de recursos humanos a través de la ciencia se implica también la formación de recursos que pueden volcarse a la producción de profesionales para la industria y la salud. Es decir, creamos a través de la ciencia recursos materiales y humanos que entran en la rueda económica. Sin embargo, hay un destino no explicitado de la ciencia que es la educación. La creación del ministerio genera en este sentido una paradoja.

Hoy la discusión no pasa por los beneficios de la ciencia en la cadena productiva o más aun en el bienestar ya sea a través de vacunas, alimentos, confort, transporte, energía etc. etc. sino en la educación del ser humano. Cuando primeramente ciencia y educación compartían el mismo ministerio pasaba inadvertido este debate o por lo menos no afloraba la división. Hoy por hoy, sin que por eso se piense que antes este problema

estaba resuelto, la división de los dos ministerios llama la atención, sin ser alarmista, sobre una fragmentación que podría tener que corregirse dentro de otros cincuenta años.

Es decir, podríamos como sociedad tardar mucho tiempo en darnos cuenta que la problemática actual de la ciencia es la búsqueda del conocimiento en sistemas complejos, desde materiales a biológicos, abarcando el ser humano, el medio ambiente y la sociedad para engendrar espacios de intercalación de las ciencias humanas y las ciencias duras (cuando en realidad son todas humanas). La percepción del mundo puede ser emocional o racional. Pero la percepción humana no es la suma lineal de los dos.

Ningún científico puede decir que es totalmente ajeno a las emociones. No solo salta de alegría cuando se confirma una teoría o un experimento le sale bien o se deprime cuando entiende que está equivocado. Sino que emocionalmente es algo conductivista, Posee dogmas en su proceder, producto de su propia educación científica y también emocional. A medida que nos movemos a las ciencias menos exactas, es decir aquellas en las cuales no podemos expresar los hechos físico-químico-biológicos por fórmulas matemáticas más o menos complejas, nos desplazamos a un mundo más discutible o como dirían los físicos más incierto o más cotidiano como diría un ciudadano común.

No obstante, la incertidumbre surge del caos producido por tratar de aplicar leyes simples a un universo complejo. Dentro de esa complejidad está la visualización que de él tienen en diferentes entornos, jóvenes, adultos y viejos cada uno de ellos con su carga emocional y experiencia personal. Así, cuando educamos a un changuito del Chaco o a un joven de capital las percepciones nutren el posible adelanto o no de su formación. A juzgar por la física moderna, la realidad no es independiente de los sentidos. En consecuencia, la pretensión de alcanzarla ha quedado anticuada por la misma ciencia. Si esto es así, la ciencia no está tan alejada de otras actividades creativas del ser humano. El concepto de “mundo real externo” que utilizamos frecuentemente en nuestra vida cotidiana, descansa, según Einstein, en las impresiones de nuestros sentidos. Si todo conocimiento de la realidad empieza y termina en la experiencia, la experiencia cotidiana, nuestras vivencias, no pueden quedar afuera en la integración de las ciencias en la educación.

En la actualidad, el país en su conjunto está en emergencia educativa grave, dado que muchos sectores de la sociedad se encuentran postergados como consecuencias de las crisis socioeconómicas recientes. En este contexto, la educación en ciencia no puede partir del supuesto que se dirigirá a sectores cuyo único problema es la falta de conocimientos o actualización de los mismos.

La educación en ciencias no pasa solamente por plantear aspectos relativos a la vinculación de la ciencia con el aparato tecnológico, los recursos informáticos o incentivar el interés por la ciencia por una cuestión meramente de actualización. La educación en ciencia debe entonces planificarse como un instrumento idóneo dirigido a sectores de la sociedad, mayormente jóvenes, con necesidades especiales que dentro del contexto de lo que planteamos de la emergencia educativa, incluye a un altísimo porcentaje de la población.

Como científicos hemos tenido la oportunidad de recorrer un camino de avanzada. Por lo tanto es nuestra obligación, luego de recorrer ese camino, generalmente en una universidad libre y gratuita, de proyectar esas experiencias a la sociedad. Y la

proyección no pasa por abrir los laboratorios para que el ciudadano común vea lo que están haciendo los científicos locos. Sino más bien tratar de percibir la realidad cotidiana del chango o del capitalino con ojos de científico, completo, formado en ciencias humanas y en ciencias exactas.

La creación del ministerio es elogiada. Sin embargo, no perdamos de vista que el Ministerio de Educación y el de Ciencias deben buscar nexos comunes, lo que nos pondría en la vanguardia de los hechos.

De interés

LOS ÓXIDOS DE NITRÓGENO: UNA NOMENCLATURA AÚN CON PROBLEMAS.

Liliana E. Knabe

Instituto Manuel Belgrano de Enseñanza Media, Obispado de Quilmes (IMBOQ).
Berazategui. Pcia. de Buenos Aires. Argentina.
lilianaknabe@adeqra.com.ar

GENERALIDADES.

El término **óxidos de nitrógeno** (N_xO_y) se aplica a varios compuestos binarios formados por la combinación de oxígeno y nitrógeno. El proceso de formación más habitual de estos compuestos inorgánicos es la combustión a altas temperaturas.

Los óxidos de nitrógeno son liberados al aire desde el escape de los vehículos con motores de combustión (sobre todo de diesel o de mezcla pobre), de la combustión del carbono, petróleo o gas natural, y durante procesos tales como la soldadura de arco, galvanoplastia, grabado de metales y detonación de dinamita. También son producidos comercialmente al hacer reaccionar el ácido nítrico con metales o con celulosa.

Estos óxidos una vez liberados al aire por las combustiones forman, a través de reacciones fotoquímicas, contaminantes secundarios, por ejemplo el PAN (nitrato de peroxiacetilo), formando el smog fotoquímico o niebla tipo Los Ángeles, típica de las zonas con gran concentración de vehículos con motor y fácilmente reconocible como una niebla de color pardo que irrita los ojos y el aparato respiratorio. Este es el efecto ambiental más grave que producen los óxidos de nitrógeno. Estos gases también contribuyen a la decoloración y manchado de las telas y son perjudiciales para la agricultura, aunque sus efectos específicos son difíciles de separar de los que producen SO_2 y otros contaminantes.

Estos compuestos son usados en la producción de ácido nítrico, lacas, tinturas y otros productos químicos, como combustibles para cohetes, en la nitrificación de compuestos orgánicos, en la manufactura de explosivos y en los tratamientos médicos que requieran drogas que provoquen vaso y broncodilatación.

CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES.

El óxido de nitrógeno (II), **óxido nítrico** o **monóxido de nitrógeno** (NO) es un gas incoloro y poco soluble en agua presente en pequeñas cantidades en los mamíferos. Está también extendido por el aire siendo producido en automóviles y plantas de energía. Se lo considera un agente tóxico.

No debe confundirse con el **óxido nitroso** o **monóxido de dinitrógeno** (N_2O), con el **dióxido de nitrógeno** (NO_2) o con cualquiera del resto de los óxidos de nitrógeno existentes. El **NO** es una molécula altamente inestable en el aire ya que se oxida rápidamente en presencia de oxígeno convirtiéndose en **NO₂**. Por esta razón se la considera también como un radical libre.

En una reacción similar a la que ocurre en la atmósfera durante las tormentas eléctricas, el nitrógeno (N_2) y el oxígeno (O_2) moleculares se combinan en las cámaras de combustión a altas temperaturas produciendo principalmente óxido nítrico; por ello las actividades humanas han incrementado en gran medida la presencia de este gas en la atmósfera. Este gas en el aire puede convertirse, más tarde, en ácido nítrico HNO_3 pudiendo precipitar como lluvia ácida.

Además el **NO** y el **NO₂** participan en la depleción de la capa de ozono. Su efecto sobre la radiación solar es doble. Mientras en la baja atmósfera contribuyen al calentamiento global en la alta lo hacen al oscurecimiento global, es decir a la reducción gradual de la cantidad de luz solar observada que alcanza la superficie terrestre.

En las concentraciones actuales estos óxidos no parecen ser demasiado peligrosos por sí solos. El **NO** en concentraciones elevadas reacciona con la hemoglobina, que al igual que con el envenenamiento por **CO**, esto da pie a una insuficiencia de oxígeno. Los niveles peligrosos no deben atribuirse a la contaminación atmosférica ordinaria, pero podrían alcanzarse en las zonas cercanas a las fuentes de producción de estos gases. Los estudios de laboratorio indican que una exposición prolongada del orden de 10 a 25 ppm podría causar enfisema y otras enfermedades degenerativas de los pulmones.

El monóxido de nitrógeno es el producto primario de la combustión catalítica del amoníaco mediante el método de Ostwald y, por lo tanto, un intermediario importante en la producción del ácido nítrico (HNO_3). En el laboratorio se genera más convenientemente por reacción de ácido nítrico diluido con cobre, si los otros productos posibles de la reacción como el dióxido de nitrógeno no molestan o pueden ser eliminados (p. ej. por absorción en agua).

Una aplicación del **NO** en la industria de polímeros es su uso para detectar radicales en la superficie de dichos compuestos.

FUNCIONES BIOLÓGICAS DEL NO

En la década de 1970 el farmacólogo Ferid Murad descubrió que los nitratos utilizados en el tratamiento de angina de pecho y otras afecciones cardiovasculares liberan monóxido de nitrógeno en condiciones fisiológicas. Este tiene a su vez efectos dilatadores sobre los vasos sanguíneos y encontró que esto induce una relajación de la capa muscular en los endotelios.

En 1987 se descubrió que el cuerpo humano produce pequeñas cantidades de **NO** a partir del aminoácido arginina en una reacción catalizada por una enzima. Esto ayudó a entender el mecanismo de actuación de diversos nitratos orgánicos empleados como medicamentos en ataques de angina pectoris que igualmente liberan **NO** en el cuerpo humano. Incluso el tratamiento de pacientes con arterosclerosis con arginina

parece tener el mismo principio. En el cerebro el monóxido de nitrógeno juega el papel de un neurotransmisor.

Todos estos descubrimientos culminaron con la obtención del premio Nóbel por parte de los científicos Robert Furchgott, Ferid Murad y Lois Ignarro en 1998 que llevaron adelante estas investigaciones.

Desde hace mucho tiempo se conocían los efectos tóxicos del NO, enorme fue la sorpresa de los científicos cuando descubrieron que las neuronas producen este gas y lo usan para comunicarse. No es un neurotransmisor clásico porque no tiene receptor sino que se difunde a través de las membranas en lugar de ser liberado sinápticamente. El NO es producido por una amplia variedad de tipos celulares que incluyen células epiteliales, nerviosas, endoteliales e inflamatorias o grupo de neuronas del cerebro. Tiene un mecanismo de acción sobre la célula que actúa produciendo entre otros efectos la relajación de músculo liso lo que provoca como acciones biológicas, vaso y broncodilatación. Todo esto ha hecho que tenga grandes aplicaciones directas en medicina, inclusive se ha demostrado que participa de la neuroregulación de la hormona de crecimiento y ,al igual que el CO, actúa en la potenciación a largo plazo del aprendizaje.

Finalmente, el NO también sirve como conservante. Es liberado del nitrito que se utiliza en la conservación de la carne, de hecho, algunos virus y microorganismos liberan NO para matar células.

ESTADOS de OXIDACIÓN, NÚMERO DE OXIDACIÓN y DISTRIBUCION ELECTRÓNICA.

Números de oxidación formales del Nitrógeno

Se han asignado al nitrógeno, de manera clásica, números formales de oxidación con un intervalo de -3 (por ejemplo en el NH_3) hasta +5 (por ejemplo, en HNO_3); aunque tiene utilidad al equilibrar las ecuaciones redox, no tiene ninguna significación física.

Casos en los que el átomo de nitrógeno no completa el octeto

Existen pocas especies relativamente estables en las que el octeto del nitrógeno está *formalmente* incompleto. Se tienen como ejemplos clásicos el NO y el NO_2 junto con los nitróxidos R_2NO y el ion $(\text{O}_3\text{S})_2\text{NO}^{2-}$; todos tienen electrones impares.

Expansión del octeto

Normalmente, no es posible ninguna expansión del octeto, pero hay reacciones que quizá podrían indicar intermediarios pentacoordinados del nitrógeno, o estados de transición más probables.

NOMENCLATURA ANTIGUA Y MODERNA.

Antiguamente se utilizaba la palabra **anhídrido** para referirse a los óxidos de los elementos no metálicos que, al reaccionar con el agua, dan real o formalmente un ácido.

Cuando se sustituyó la denominación **anhídrido** por **óxido ácido** se tomó como regla hacer el cambio de denominación de la siguiente manera, por ejemplo: el anhídrido sulfuroso cambió su nombre por el de óxido sulfuroso.

En el caso de los óxidos del nitrógeno de fórmulas N_2O_3 y N_2O_5 no se podía aplicar el mismo criterio de sustitución en el antiguo nombre porque ya se conocían otros óxidos con los nombres **óxido nitroso** (N_2O) y **óxido nítrico** (NO), por lo tanto esa regla de sustitución debió dejarse de lado, pero... todavía hoy muchos autores persisten en llamar de manera incorrecta al N_2O_3 óxido nitroso y al N_2O_5 óxido nítrico.

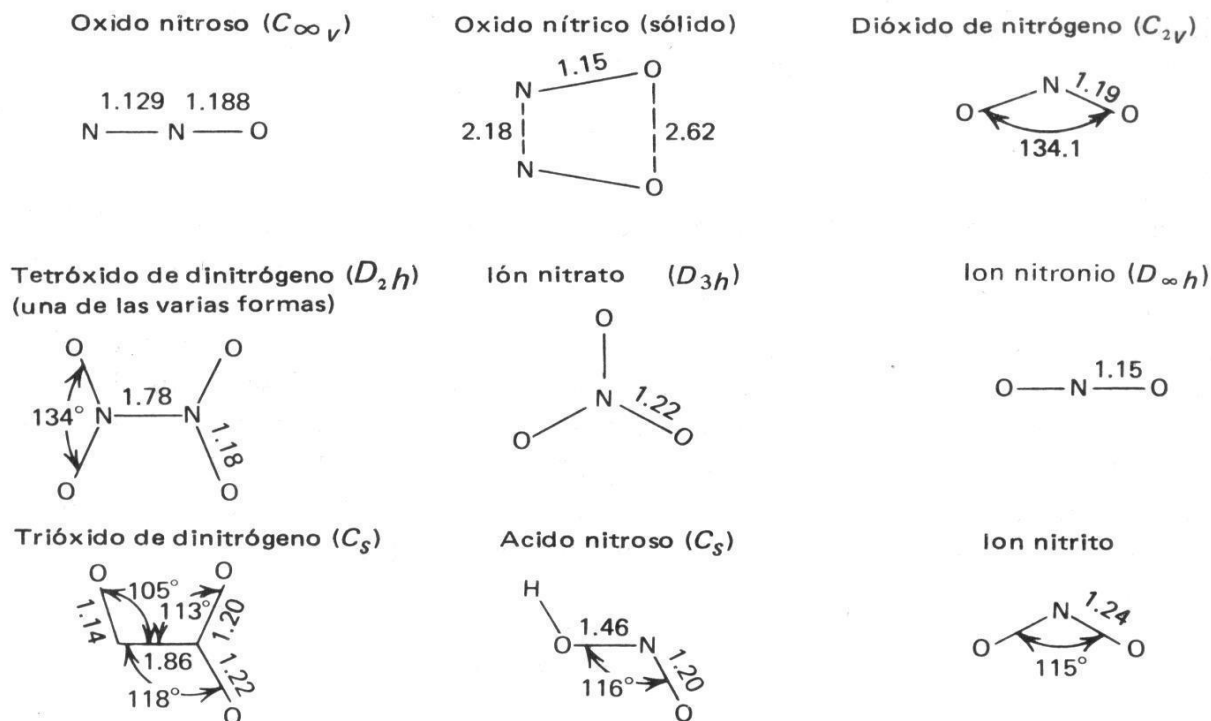
En la tabla figura la nomenclatura actual aceptada para los óxidos del nitrógeno y sus características más relevantes. La I.U.P.A.C sugiere utilizar la nomenclatura por atomicidad.

<i>Fórmula</i>	<i>Nombre</i>	<i>Color</i>	<i>Temperaturas (°C)</i>	<i>Características, aplicaciones, obtenciones.</i>
N_2O	Óxido nitroso Óxido de nitrógeno(I) Monóxido de dinitrógeno	Gas incoloro	p.f. -90,7 p.e. -88,5	Poco reactivo. Se emplea como anestésico. Su principal uso comercial es el de propulsor de aerosoles.
NO	Óxido nítrico Óxido de nitrógeno(II) Monóxido de nitrógeno	Gas incoloro	p.f. -163,6 p.e. -151,8	Incoloro. Poco soluble en agua. Termodinámicamente inestable a 25°C y 1 atm, a presiones elevadas se descompone fácilmente en el intervalo 30°-50°C produciendo N_2O y NO_2 . Moderadamente reactivo. Producto primario de la combustión catalítica del amoníaco mediante el método Ostwald y, por lo tanto, intermediario importante en la producción de HNO_3 . En el laboratorio se obtiene controlando la reacción de $Cu^0_{(s)}$ con HNO_3 diluido. A altas temperaturas el nitrógeno y el oxígeno del aire pueden combinarse para formar óxido nítrico. El hombre favoreció el aumento de la concentración de este gas en la atmósfera al producirse en los automóviles y en plantas de energía que utilizan combustibles fósiles. Participa en la depleción de la capa de ozono junto al NO_2 . Agente productor de la lluvia ácida. Detector de radicales en la superficie de polímeros. El óxido de nitrógeno con mayor importancia biológica.
N_2O_3	Óxido de nitrógeno(III)	Sólido o	p.f. -100,6	Por encima de -30°C se encuentra en

	Trióxido de dinitrógeno Anhídrido nitroso	líquido azul oscuro. Gas marrón rojizo.	p.e. 3,5 Se descompone por encima de 3,5	estado líquido muy disociado en NO y NO ₂ . Formalmente es el anhídrido del ácido nitroso. La molécula es polar en el sentido ON ^{δ+} -NO ₂ ^{δ-} . La estructura estable en el sólido tiene la longitud N-N 1,86 Å
NO ₂	Óxido de nitrógeno(IV) Dióxido de nitrógeno	Sol. incoloro Líqu. amarillo Gas color ámbar.	p.f. -11,20 p.e. 21,3	Algo reactivo. Es agente tóxico. Se emplea en la fabricación de HNO ₃ .
N ₂ O ₄	Tetróxido de dinitrógeno	Incoloro	p.e. 21,2	Muy disociado en NO ₂ como gas, y parcialmente como líquido. Molécula diamagnética. Altamente tóxico y corrosivo. Es un poderoso oxidante y reactivo en síntesis químicas. Se usa como propelente para cohetes ya que puede aportar oxígeno a la reacción, cuando el cohete se encuentra fuera de la atmósfera.
N ₂ O ₅	Óxido de nitrógeno(V) Pentóxido de dinitrógeno Anhídrido nítrico.	Sólido blanco Gas incoloro	p.f. 30 p.e. 47	Inestable como gas descomponiéndose. Anhídrido del ácido nítrico, delicuescente, forma rápidamente con agua ácido nítrico. En estado sólido, en su forma estable, es iónico: nitrato de nitronio NO ₂ ⁺ NO ₃ ⁻ .
NO ₃ , N ₂ O ₆	-	-	-	No se encuentran muy bien caracterizados; muy inestables.

Estructuras de los grupos de algunos óxidos de nitrógeno y aniones

(La longitud de los enlaces en Å; los ángulos en grados; las simetrías con sus símbolos internacionales)⁴



BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Cotton F. A. y Wilkinson G.** (1993), *Química Inorgánica Avanzada*, 4ta Edición, Limusa Noriega Editores, México.
- Diccionario de la lengua española** (2005) Espasa-Calpe S.A., Madrid
- Diccionario de la Real Academia Española** (2006), Madrid.
- Hill John W. y Kolb Doris K.** (1999) *Química para el Nuevo Milenio*, 8va. edición, Prentice Hall, México
- Perry Robert H., Green Don W.** (2007), *Chemical Engineers' Handbook*, 8th Edition, McGraw-Hill
- Petrucci Ralph H., Harwood Williams S., Herring F. Geoffrey,** (2003) *Química General. Reactividad Química. Compuestos Inorgánicos y Orgánicos*, 8va. Edición, Vol. II, Editorial Pearson Educación, Madrid.

⁴ Imagen extraída de **Cotton F. A. y Wilkinson G.** (1993), *Química Inorgánica Avanzada*, 4ta Edición, Limusa Noriega Editores, México.

Aclaración de la autora: la imagen no representa fórmulas desarrolladas, por lo tanto no se distinguen enlaces simples ni dobles, ni figuran las cargas de los iones.

Purves William K., Heller H. Craig, Orinas Gordon H., Sadava David (2003), *Vida. La Ciencia de la Biología*, 6ta edición, Editorial MEDICA PANAMERICANA, Buenos Aires.

The Royal Society of Chemistry (2005), *Nomenclature of Inorganic Chemistry IUPAC Recommendations 2005 (RED BOOK)*, Edited by [N.G. Connelly](#), T. Damhus, R.M. Hartshorn and A.T. Hutton.

<http://old.iupac.org/publications/books/author/connelly.html>

http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93xidos_de_nitr%C3%B3geno

<http://www.usc.es/fisio/es/neurotrans.html>

Un poco de historia

EL ANÁLISIS QUÍMICO EN LOS SIGLOS XVIII, XIX Y XX.

Daniel Bartet P.

Departamento de Química. Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación. Santiago, Chile
dbartet@umce.cl

Resumen

En este artículo se presenta una breve descripción de la evolución del Análisis Químico, tanto cuali- como cuantitativo y los aportes de los químicos de países europeos a ese desarrollo. La revisión de la historia del Análisis Químico comienza con los "ensayos a la llama" o ensayos por vía seca, que hicieron posible el descubrimiento de elementos metálicos, llegando hasta los procedimientos por vía húmeda que se practican en la actualidad.

Palabras clave: análisis químico, marcha analítica, análisis cuali y cuantitativo, indicadores ácido-base, alcalimetría, buretas.

Abstrac: In this article appears a brief description of the evolution of the Chemical Análisis, cuali- and quantitative, The review of the history of Chemical Analysis begins in 1751, with the dry route tests which made possible the discovery of metallic elements up to the procedures for humid route, so much in the qualitative thing as quantitative procedures.

Key words: chemical analysis, analytical march, quantitative analysis, acid-base indicators

LA QUÍMICA ANALÍTICA EN EL SIGLO XVIII.

La necesidad de conocer la composición química de los minerales llevó a los químicos y mineralogistas del siglo XVIII a crear técnicas e instrumentos de análisis. Como técnica los ensayos por vía seca o ensayos a la llama y como instrumento el químico y mineralogista sueco Axel Frederic Cronstedt (1722-65) introdujo el uso del soplete de boca para elevar la temperatura de la llama de una vela y estudiar los minerales. El soplete es un tubo de bronce acodado, cuya rama más corta termina en una punta fina, que se introduce en la llama de una vela y su rama más larga termina en una trompeta que se lleva la boca para inyectar un chorro de aire en la llama que eleva su temperatura y la dirige sobre la muestra de mineral que se está analizando. La llama así obtenida, provoca en el mineral reacciones químicas de oxidación o de reducción de los componentes, lo que origina la formación de óxidos o régulos metálicos.

También por vía seca se practicaba el análisis cuantitativo, las muestras de mineral molido, de masa conocida y mezcladas con sustancias oxidantes eran sometidas en un Horno a la acción del calor para eliminar en forma de gas a los componentes reductores del mineral.

En 1774, el químico sueco Torben Bergman (1725-84), profesor en la Universidad de Upsala, publicó el primer texto de Química Analítica Cualitativa con las bases químicas del análisis en solución acuosa, las que obtenía disolviendo los minerales en ácidos inorgánicos, como el ácido nítrico o en una mezcla de nítrico y clorhídrico, el agua regia. Además recomendaba el uso de reactivos específicos para el reconocimiento de los elementos metálicos, así empleó el ácido oxálico para identificar las sales solubles de calcio, el ácido sulfúrico o los sulfatos solubles para las sales de bario, o el amoníaco como reactivo de las sales de cobre.

Uno de sus discípulos más destacado fue el químico y mineralogista español Juan José Elhuyar (1753-1804), descubridor con su hermano Faustino en 1783 del elemento wolframio o tungsteno. Además, Juan José se desempeñó desde 1786 como profesor de química y mineralogía en la Escuela de Minas de Colombia y Faustino fundó en 1792 la Escuela de Minería de México, donde dieron gran impulso a la minería. Otros descubrimientos de elementos metálicos realizados en este siglo fueron, entre otros, los del químico alemán Martin Klaproth (1743-1817) descubrió los elementos circonio, uranio y titanio; el sueco Axel Cronstedt, al níquel y así hasta completar una treintena de elementos entre los años 1735 y 1830.

LA QUÍMICA ANALÍTICA EN EL SIGLO XIX.

En 1829 el químico alemán, Heinrich Rose (1795-1864), discípulo de Berzelius, descubridor del niobio y profesor de la Universidad de Berlín publicó su manual de Química Analítica. Según los historiadores de la Química, el texto de Rose constaba de dos partes, en la primera describían las reacciones analíticas de cada uno de los elementos conocidos, en tanto que la segunda, estaba dedicada al proceso analítico, que Rose abría con el uso de solución de ácido clorhídrico para separar los cloruros insolubles plata, mercurio y plomo, el primer grupo de la marcha analítica. Luego de filtrar, hacía burbujear ácido sulfhídrico en el líquido filtrado para precipitar los sulfuros insolubles y así hasta terminar precipitando con solución de hidróxido potasio los hidróxidos de los metales alcalino térreos.

Otro químico analítico, destacado por sus aportes al desarrollo del análisis químico fue Remijus Fresenius (1818-97), que en 1841 publicó su texto de análisis cuantitativo y en 1862 editó la primera revista de Química Analítica.

Además, Rose y Fresenius sistematizaron las técnicas gravimétricas análisis cuantitativo y crearon materiales para la calcinación de precipitados.

El análisis volumétrico, desarrollado sobre las bases de estequiometría de las reacciones químicas, se inició después que el químico francés Antonio Lavoisier (1743-84) y su grupo de trabajo establecieron el concepto de elemento químico y el principio de “conservación de la materia” y se conocieran las leyes de la estequiometría. La primera fue la “ley de los pesos de combinación”, formulada en 1792 por el químico alemán Jeremías Richter (1762-1807). Con esta ley, Richter pudo definir los conceptos de “equivalente químico” y el de “masa equivalente”, conceptos dieron el marco teórico a la volumetría e hicieron posible la preparación de las soluciones “patrones” de la volumetría. Las otras dos leyes estequiométricas que sustentan la volumetría como método de análisis cuantitativo fueron la “ley de las proporciones definidas” del químico francés Louis Proust (1754-1806) y la “ley de las proporciones múltiples, enunciada por el químico inglés John Dalton

Para reconocer el término de la reacción durante el proceso volumétrico, los químicos introdujeron el uso de “indicadores”, que ya habían sido usados por Robert Boyle en 1664 al observar que el tornasol cambiaba de color al entrar en contacto con un ácido o con una base. En el siglo XIX, los químicos orgánicos lograron la síntesis de colorantes como la fenoltaleína y el naranja de metilo con las mismas propiedades que el tornasol, el uso de estos indicadores mejoró notablemente la exactitud de la volumetría ácido-base. Una aplicación importante del análisis cuantitativo fue la determinación de las fórmulas empíricas de compuestos orgánicos e inorgánicos y establecer también que las propiedades de un compuesto no sólo dependen de los átomos constituyentes, sino también del modo se unen esos átomos. Uno de los primeros compuestos que presentan esta propiedad fueron estudiados por el químico francés Joseph I. Gay-Lussac (1778-

1850) cuando recibió para su publicación los informes del químico alemán Justus von Liebig (1803-72) y del químico alemán Frederick Wohler respecto de las fórmulas empíricas propuestas para el ácido cianico y el ácido fulmínico, respectivamente. Gay-Lussac observó que las fórmulas propuestas por ambos químicos era la misma: HCNO, pero sus propiedades eran diferentes, por lo que procedió a informar a Jacob Berzelius, que ya había descubierto otros dos compuestos orgánicos de igual fórmula empírica y distintas propiedades, a los que había llamado “isómeros”, de las palabras griegas *iso* y *meros* que significan “iguales partes”.

La naciente industria química demandaba controles de calidad de sus productos, así lo pedían los fabricantes de carbonato de sodio. Para satisfacer esta necesidad, los químicos crearon la “alcalimetría”, método volumétrico para determinar la concentración de sosa de una solución mediante una solución patrón de ácido sulfúrico. Para medir el volumen de gasto de la solución titulante se empleaba el “alcalímetro” o bureta inglesa, de forma semejante a una probeta graduada, que en su parte superior llevaba una escotadura por donde se vertía el ácido y un tubo por donde se cargaba la bureta y se controlaba la salida de la solución titulante.

En 1855, el químico alemán Kart F. Mohr (1806-79) publicó su “Tratado de análisis químico con ayuda de licores titulados”, en el texto describía los métodos de titulación volumétrica, como la alcalimetría, la yodimetría, la permanganometría y otros métodos volumétrico. Para su práctica creó la actual bureta, también inventó la llamada balanza de Mohr para medir la densidad de líquidos y creó el sulfato ferroso amoniacal, sal en la que el ion ferroso es más estable que en el sulfato ferroso. Por todas sus contribuciones, Mohr es considerado el “padre de la volumetría”.

El perfeccionamiento de los métodos de análisis exigía el uso de “reactivos puros para análisis”, los que empezaron a ser provistos por la naciente industria química; a mediados del siglo XIX surgió en Alemania la industria Merck y en Inglaterra la J. Griffin.

Los nuevos métodos químicos de análisis hicieron posible el descubrimiento de una treintena de elementos químicos, el químico analítico alemán Martin Klaproth (1749-1817) descubrió y aisló los elementos circonio, uranio y titanio, Axel Cronstedt, descubrió en 1751 al níquel.

Al iniciarse el siglo XIX, comienzan a desarrollarse nuevos métodos de análisis en los que la física juega un rol importante. El 20 de marzo de 1800, la Royal Society de Londres conoció la carta del físico italiano Alessandro Volta (1745-1827), en la que daba cuenta de la construcción de una pila para generar corriente eléctrica, dando nacimiento a la electroquímica y a nuevos métodos de análisis como la electrogravimetría, la conductimetría y otros.

En 1840, el físico francés Jean Biot (1774-1862) había terminado de poner a punto el “polarímetro”, instrumento con el que se habrían de crear las bases de nuevas técnicas de análisis: la “polarimetría”. En ese año, Biot encargó a Louis Pasteur (1821-1895), joven químico francés, que iniciara su tesis doctoral en química estudiando la rotación óptica del ácido racémico, un isómero ópticamente inactivo ácido tartárico. En su estudio, Pasteur constató que el ácido racémico era una mezcla de partes iguales de dos ácidos tartáricos, ópticamente activos, pero de signos opuestos e igual poder rotatorio, para ello Pasteur separó manualmente los cristales de uno y otro ácido y también concluyó que el origen de la isomería óptica radica en la ausencia de simetría en la estructura molecular de los compuestos ópticamente activos.

En 1860, el químico alemán y creador del mechero que lleva su nombre, Robert Bunsen (1811-99) y el físico, también alemán, Gustave Kirchff (1824-87) pusieron a punto un nuevo método de análisis, el método espectroscópico, método que los llevó a

identificar nuevos elementos como el cesio y el berilio. Usando la espectroscopia, los astrónomos ingleses Joseph Norman Lockyer y Edward Frankland descubrieron en el espectro solar al gas noble helio.

Análisis Orgánico. En 1831 Justus von Liebig propuso su método de análisis de los compuestos orgánicos que lleva su nombre. El método, por una reacción de oxidación con óxido de cobre II permite identificar la presencia de carbono e hidrógeno en esos compuestos y de forma indirecta la de oxígeno. Midiendo la masa de dióxido de carbono que se produce en la oxidación y la de agua se calcula la composición porcentual del compuesto. Si el compuesto contiene otros elementos, su presencia se determina mediante reacciones específicas, así la existencia de nitrógeno se establece por el método de Kjeldahl.

De entre los químicos analíticos del siglo XX destaca el profesor francés Gaston Charlot, que estudió y ejerció la docencia, desde 1945, en la École de Physique et de Chimie industrielle de Paris. En 1943 publicó *Théorie et Méthode Nouvelle D'Analyse Qualitative* y en 1949 *Methodes Modernes D'Analyse Quantitative Minéral*. Por sus contribuciones al desarrollo de la química analítica moderna, en 1970 pasó a formar parte de la Academia de Ciencias de Francia y también es nombrado Caballero de la Legión de Honor.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Asimov, I. (1981)** *Breve Historia de la Química*, Alianza Editorial, S.A. Madrid.
Bros, W. (1998) *Historia de la Química* Alianza Editorial, S.A., Madrid.
Fresan, M. (1989) *El vencedor del mundo invisible, Louis Pasteur*, Pangea Editores, S.V. de C.V., México.
Lyle, R.E. y Lyle, G.G. (1964) *A brief history of polarimetry*, J. Chem. Educ.
Trífonov, D.N. y Trífonov, V.D. (1984), *Cómo fueron descubiertos los elementos químicos*, Editorial Mir, Moscú.

Un poco de historia

LOS APORTES DE LOS IATROQUÍMICOS A LA ESTRUCTURA ACTUAL DE LA QUÍMICA

Ofelia Dora Galarza

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. San Fernando del Valle de Catamarca.
Argentina
odoragalarza@yahoo.com.ar

Resumen

En este trabajo se pretende analizar los principios que sustentaron las teorías prevalecientes en los Siglos XV al XVII y considerar la importancia del aporte de los Iatroquímicos a la Química. Para ello se realiza un análisis de las ideas y teorías propuestas por los iatroquímicos y el contexto en el que se desarrollaron. Los resultados obtenidos muestran que los químicos médicos produjeron transformaciones y clasificaciones de sustancias, descubrieron y utilizaron propiedades de sustancias y contribuyeron fuertemente a la decadencia de la veneración de las doctrinas tradicionales y antiguas abriendo una puerta, a la futura química, hacia la búsqueda de su objeto de estudio.

Palabras Clave: químicos médicos - teorías – química en siglos XV al XVII

Abstract

This work intends to analyze the principles that sustained the prevailing theories in the XVth to the XVIIth century and to consider the meaning of the Iatroquímicos contribution to the Chemistry. An analysis of the ideas and theories proposed by the iatroquímicos and the context in which they developed is realized. The obtained results show that the medical chemists produced transformations and classifications of substances, they discovered and used properties of substances and contributed strongly to the decadence of the traditional and ancient doctrines worship, opening a door to the future chemistry, towards the search of his object of study.

Keywords: medical chemists - theories – chemistry in XVth to XVIIth century

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se plantea desde la Cátedra Historia y Epistemología de la Química de cuarto año de la Carrera Profesorado en Química de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Catamarca, con la firme convicción que la Química, como otras ciencias no es solo un resultado sino también un proceso que se renueva y amplía por la actividad de individuos que se organizan en comunidades científicas, en interacción permanente con las coordenadas económicas, políticas y éticas de su propio escenario socio histórico.

En este sentido, la enseñanza de aspectos históricos de la Química se trabaja con una visión evolutiva de la ciencia, dirigida a cómo surgen los conceptos, cómo se desarrollan y son desplazados por otros. La enseñanza de esta temática pretende pues ir más allá de la relación entre la teoría y los hechos en que se fundamenta.

Se plantea una investigación cuyo objeto de estudio se ubica cronológicamente entre los Siglos XV y XVII aproximadamente. Esta época histórica se caracteriza por la aplicación de lo que actualmente denominamos química, pero vinculada aún a la alquimia, a la preparación de drogas, proponiendo el mismo tipo de explicaciones para los fenómenos que se producen en el cuerpo humano y para las transformaciones de las sustancias.

Las ideas químicas de este período histórico estuvieron marcadas, en sus comienzos, por eventos y tendencias que fueron preparando las condiciones para el progreso de la especulación científica. La fundación en casi todos los países europeos de nuevas universidades, algunas de las cuales fueron abiertas en los Siglos XII y XIII continuó con otras activamente en los Siglos XIV y XV y esto hizo que la ciencia natural encontrara un pequeño lugar en las currículas de estas universidades y comenzó a gestarse lo que hoy reconocemos como enseñanza de la ciencia y de la química en particular. Cuando la química, a través de la puerta de la medicina logró un lugar en las universidades, comenzó a ser reconocida de una manera formal como un asunto de enseñanza universitaria (Partington, 1989). El descubrimiento de la imprenta y los avances en la misma al final del Siglo XV fue un factor influyente, pero en menor grado que el de las universidades. La imprenta permitió el acceso a una gran cantidad de público, a libros y panfletos impresos, material que sólo había sido accesible hasta entonces bajo la forma de manuscritos laboriosa y extensamente copiados. Cuando al comienzo del Siglo XVI culmina la Reforma Protestante y la autoridad eclesiástica disminuye su poder de censura, una multitud de escritos alquímicos comenzaron a circular más libremente. La captura de Constantinopla por los turcos en 1454 y el quebramiento del Imperio Bizantino posibilitaron la diseminación por toda Europa de los manuscritos griegos acumulados.

A partir del Siglo XV se inicia en la historia del pensamiento científico una nueva era: el investigador comienza a librarse de las ataduras que le impusiera durante siglos su alianza con la Teología. La ciega fe en la doctrina de Aristóteles o en la Biblia comienza a ceder ante la convicción de que la ciencia no es un libro cerrado.

Alrededor de 1525 surgió una nueva escuela de experimentadores habitualmente conocidos como “iatroquímicos” o “químicos médicos”. Su propósito era descubrir el “elixir de la vida” que curaría todas las enfermedades y conferiría el don de la juventud eterna. Último representante de la ciencia medieval y primera figura de una nueva etapa, Paracelso puede, sin discusión, ser considerado el padre de la iatroquímica. Nació en Suiza en el año 1493, estudió medicina en Ferraro, Italia, y recorrió, según sus propias palabras, casi toda Europa. Fue profesor de la Universidad de Basilea, donde para fijar su posición de investigador independiente, inició su Cátedra quemando las obras de Galeno y Avicena. Su carácter arrogante y jactancioso le valió el rencor y la enemistad de mucha gente y se vio obligado a abandonar la ciudad. Médico ambulante, recorrió muchas ciudades de Europa, pero, dedicado a la bebida, llevó una vida disipada que produjo su temprana muerte a los 48 años. Paracelso introdujo nuevos remedios en la farmacopea, para curar acudió a compuestos metálicos de mercurio, plomo, hierro, cobre, antimonio y arsénico. Se servía del alcohol para preparar esencias y tinturas; conocía el éter y probablemente sus propiedades anestésicas. Realizó la purificación de sus medicamentos por destilación, trabajó tanto en la alquimia práctica como en la teórica. Como un alquimista práctico decía que los metales tanto como los planetas crecían desde semillas al igual que las enfermedades. Tal vez había heredado estas ideas de los moros. Aceptó la Teoría de Aristóteles de los cuatro elementos aunque como devoto cristiano en algunos escritos rechaza las ideas alquimistas. También aceptó en escritos helenísticos que los compuestos estaban constituidos de azufre, el principio de combustibilidad representando el corazón y mercurio, el principio de volatilidad representando el espíritu o inteligencia.

Un químico médico Vannoccio Biringuccio (1480-1539), cuyos antecedentes y vida no son muy conocidos puede ser citado a través de su única publicación “De La Pirotechnia” impreso en 1540, en el que se expone acerca de las clases de minerales y

en cuanto a la observación, fusión y trabajo de los metales y cosas similares; es tal vez el primer texto sistemático sobre el arte de la metalurgia. En él se hace referencia a la separación de metales desde los minerales y a los procesos químicos generalmente empleados en su tratamiento. También se refiere a la pólvora, a la elaboración de los fuegos artificiales, al trabajo del fuego y a otros trabajos de naturaleza similar.

Con respecto a libros y publicaciones tuvo una gran influencia en esa época el texto “De Re Metallica”, escrito por Georgius Agrícola (1494-1555) en el año 1550. Agrícola además escribió un “Tratado sobre la naturaleza de los fósiles” y es considerado como el padre de la mineralogía por sus descripciones de la forma de los cristales; dureza y otras propiedades minerales. Discutió también métodos relativos a ensayos con minerales, concentración y fundición, copelación, disolución en plomo y con ácidos minerales y amalgamación con mercurio. También descubrió la producción de alumbre, vitriolo, azufre, betún y vidrio. Fue un escéptico acerca de la alquimia aunque no definió su opinión respecto a la transmutación.

Uno de los muchos seguidores de Paracelso fue Andreas Libavius (1540 -1616), actualmente conocido como Andreix Libau, quien interroga a la experiencia y elimina de la doctrina de Paracelso muchas exageraciones. Otro representante de la iatroquímica fue Jean Beguin (1550-1620), quien pensó en forma similar a Livabius, pero tenía una inclinación más práctica; era menos filosófico y no estuvo ni a favor ni fue antiparacelsiano.

La publicación de los libros de Paracelso ocasionó un impacto en la medicina organizada en la época, algunos médicos utilizaron sus tratamientos y algunos se persuadieron de sus resultados así se puede mencionar a Joseph Duchesne (1544-1609); Turquet de Mayerne (1573-1655); Oswald Croll (1580-1609). Duchesne al igual que Paracelso, se rehusó a considerar el fuego como un elemento debido a que no era mencionado en el Génesis, el concentró su resultado en sustancias químicas encontradas en aguas minerales naturales. Cuando los análisis de las mismas mostraron la presencia de nitro, alumbre, vitriolo, azufre, alquitrán, antimonio y plomo, consideró que estas sustancias tenían propiedades curativas y debían ser estudiadas. Croll, prescribió medicamentos químicos incluyendo calomel, sulfato de potasio, ácido succínico, acetato de calcio, y compuestos de mercurio y antimonio. Turquet de Mayerne: prescribió compuestos de antimonio, mercurio e hierro y además trabajó con Rubens y Van Dyck en el desarrollo de nuevas pinturas y pigmentos (Partington, 1989).

En este contexto lo que se pretende es: analizar los principios que sustentaron las teorías prevalecientes en los siglos XV al XVII y valorar la importancia del aporte de los Iatroquímicos a la Química

DESARROLLO

Desde los datos considerados y su respectivo análisis se puede decir que en esta etapa existen indicios que revelan la existencia de transformaciones de sustancias realizadas con el fin de obtener fármacos para la cura de enfermedades. En esta búsqueda se utilizan procesos físicos, ya considerados en otras épocas y en algunos casos se perfeccionan las técnicas y procedimientos, así como también los aparatos empleados. También se reconocen transformaciones químicas tales como reacciones entre sustancias con producción de gases y descubrimiento de nuevos elementos. Asimismo existen aportes teóricos que muestran el interés de los iatroquímicos por indagar en temáticas como la constitución de la materia. Con el propósito de organizar esta información se considera una categoría de análisis: Etapa de la iatroquímica y tres

subcategorías relacionadas con ella: *De las Clasificaciones; De las Transformaciones y Propiedades; De los Aportes Teóricos.*

El análisis de cada una de estas categorías irá guiando al lector por el camino seguido por los iatroquímicos y tratará de desentramar la valiosa información aportada por los hacedores de la química en esta porción de su historia.

➤ *De las Clasificaciones*

El proceso de agrupar sustancias de acuerdo a alguna característica común, fue considerado por los iatroquímicos. En este período, las agrupaciones se realizaron poniendo énfasis sobre todo en la clasificación de minerales basada en las propiedades físicas de los mismos.

Agrícola, un interesado en los problemas y prácticas de la mineralogía, propone en un trabajo sobre “Naturaleza de los fósiles”, una temprana clasificación de los minerales basada en las propiedades de fusibilidad, calor, olor, textura, etc. En tiempos de Agrícola no había otras bases posibles, aunque con excepción de los minerales de metales y algunas sales metálicas no existía conocimiento de la composición de rocas, minerales y sales.

Agrícola divide los minerales en:

1. *“Tierras, tales como arcillas, tizas, ocre, etc.*
2. *Piedras, las propiamente así llamadas gemas y piedras semipreciosas.*
3. *Jugos solidificados, sales, alumbres, vitriolos, salitre, etc.*
4. *Rocas, tales como el mármol, la serpentina, el alabastro, la caliza, etc. duras y no desmenuzables.*
5. *Metales.*
6. *Compuestos o mezclas”* (Stillman, 1924)

Las bases fundamentales de esta clasificación las da Agrícola de la siguiente manera:

“Los cuerpos minerales están solidificados a partir de partículas de la misma sustancia, tales como oro puro y cada partícula del cual es oro, o ellos son de diferentes sustancias tales como los terrones que consisten la tierra, piedra y metal; estos después pueden ser separados en tierra, piedra y metal y por lo tanto el primero no es una mezcla en cambio el último es llamado una mezcla...” (Stillman, 1924)

Se advierte en este fragmento una idea de sustancia simple y compuesta, al considerar la formación del oro en comparación con los terrones se puede pensar que estos últimos se refieren al mineral y en ese caso esta sería la primera mención que diferencia de manera clara al mineral del metal. Además Agrícola considera que los componentes del supuesto mineral pueden separarse y como consecuencia constituye una mezcla. Es importante aquí la forma de caracterizar a la mezcla, el iatroquímico lo hace de igual manera que se la considera en la actualidad. Cuando se refiere al oro hace alusión a su formación a partir de *“...partículas de la misma sustancia...”*, lo que puede entenderse, sin temor a equivocarse, como *“partículas de la misma naturaleza”*.

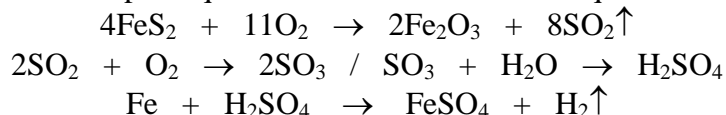
“...La tierra es un cuerpo mineral simple que puede ser amasado con las manos cuando se humedecen o desde el cual el lodo se hace cuando ello ha sido mojado o humedecido. La tierra, propiamente así llamada es encontrada en vetas o filones, o frecuentemente sobre la superficie de los campos. Esta es una definición general. La tierra dura, aunque sea mezclada con agua no forma lodo, pero se torna lodo si permanece en agua por algún tiempo. Hay muchas especies de tierras alguna de las cuales tiene nombre pero otras no...” (Stillman, 1924)

Cuando Agrícola se refiere a que la “...*tierra es un cuerpo mineral simple...*” es posible que lo haga en comparación con lo descrito antes respecto a los terrones, recordemos que la tierra era uno de sus componentes. Cuando habla de la “...*tierra propiamente dicha...*” se advierte que está refiriéndose a lo que actualmente se conoce como tierra y con toda seguridad esta ya no es la tierra de los filósofos sino más bien un cuerpo material de existencia real y perceptible. Las otras clases de tierra a las que menciona son, con mucha probabilidad, las nombradas en el punto 1 de la clasificación considerada, o sea, arcilla, tiza, etc. Si bien se infiere que la tiza, desde el conocimiento actual, no es una clase de tierra se puede suponer que en realidad la clasifica como tal por su aspecto que seguramente es terroso, como el de la arcilla y el de la tierra misma.

“...*Los jugos solidificados son cuerpos minerales secos y un poco duros (subduros), los cuales cuando se mezclan con agua no se ablandan pero en lugar de eso se licuan; o si ellos se ablandan difieren grandemente de las tierras por su untuosidad o por el material del cual ellos consisten. No obstante ocasionalmente tienen la dureza de una piedra porque preservan la forma y naturaleza que tienen cuando son menos duros y así pueden distinguirse fácilmente de las piedras...*” (Stillman, 1924).

Esencialmente se consideran, según la clasificación, jugos solidificados a las sales de distinta naturaleza como lo son los sulfatos, nitratos, etc. Aparentemente lo que describe cuando se refiere a la mezcla de estos “*jugos*” con agua son las soluciones de las sales y por eso, posiblemente se advierte la diferencia con las tierras cuando a estas últimas se les agrega agua. Además cuando dice que “...*ocasionalmente tienen la dureza de una piedra...*” es probable que se refiera a la formación de cristales, que como se sabe, también pueden disolverse y también pulverizarse fácilmente por lo menos los provenientes de la mayoría de las sales, sobre todo en las conocidas en esa época. Este aspecto diferencia a las sales de las otras sustancias clasificadas tanto en el ítem 1 como en el 2 de la clasificación propuesta por Agrícola. Se advierte además que a pesar de la diferencia observada en las propiedades se clasifica a las sales como cuerpos minerales.

“...*Los jugos se dividen en magros y untuosos. Los jugos magros se originan de sustancias diferentes. Ellos están formados por una mezcla líquida con un componente mineral. Al una clase le pertenece el verdín y herrumbre de hierro; a la otra el vitriolo y el alumbre Los dos se obtienen a partir de la pirita la cual está caracterizada de par numeral compuesto...*”. El iatroquímico sostiene en este fragmento que los jugos provienen de la pirita (FeS₂), de la que dice “...*está caracterizada de par numeral compuesto...*”. Se puede suponer aquí que hace referencia a que la mezcla está constituida por dos sustancias. Si se consideran los jugos como obtenidos a través de la mezcla del mineral con un líquido, es útil recordar que cuando la pirita es calentada a 700°C pierde azufre, y cuando se calienta en el aire quema dando óxido férrico y dióxido de azufre y que este último puede ser usado para producir ácido sulfúrico y sulfato ferroso, si se interpreta químicamente esto tendremos que:



De las piedras, considera cuatro clases: “*La primera de éstas no tiene nombre propio pero es llamada comúnmente piedra. En esta clase está la piedra imán o calamita, La segunda clase comprende piedras duras, transparentes u ornamentales con colores variados y maravillosos; son llamadas gemas. La tercera comprende los que son solamente brillantes que después han sido pulidos y que son usualmente llamados mármol. La cuarta comprende a los que son llamadas rocas. Ellas se encuentran en canteras desde las cuales se extraen para usarlos en edificaciones y se los coloca en*”

varias capas. Ninguna de las rocas muestran color o puede ser pulida...". (Stillman, 1924)

Es evidente que Agrícola conocía todas las clases de piedras que estaba nombrando, conocimiento que le permitía agruparlas de cuatro maneras diferentes. Es probable que haya tenido referencias acerca de las mismas, habida cuenta que en períodos anteriores, materiales como la piedra mármol, la piedra imán y en general los materiales de construcción, fueron utilizados ampliamente.

"...Los metales son cuerpos minerales por naturaleza a veces líquidos o a veces duros. Pueden ser fundidos por el calor del fuego pero cuando se enfrían reducen su volumen y pierden todo el calor volviendo a adquirir dureza y se limitan a adoptar su propia forma. En este sentido difieren de las piedras porque funden en el fuego, pero además siempre recuperan su dureza aún cuando pierden su prístina forma y propiedades..." (Stillman, 1924). Los estados de agregación asociados a los metales, líquido y sólido hacen referencia, sin duda, tanto al mercurio como al resto de los metales. Esta sería la primera referencia al mercurio como una sustancia metálica. La propiedad que aparentemente fue determinante para decidir la inclusión o no de un metal dentro de esta categoría fue la fusibilidad; el metal por la acción del calor se transforma pero luego vuelve a adquirir su forma original. La observación además hace percibir que era distinto lo que ocurría con las piedras, ya que si bien algunas fundían, a pesar de endurecerse nuevamente, no retomaban su estado original. Esta cita permite reconocer la presencia de dos clases de fenómenos: físicos y químicos. Los físicos se manifiestan a través del trabajo con los metales, mientras que los químicos aparecen relacionados con las "piedras". Es clara la diferencia planteada para caracterizar al metal y a las "piedras". Asimismo Agrícola se refiere realmente al metal puro, con lo que se confirmaría lo que se dijo al comienzo de esta clasificación respecto a que los metales parecen al fin ser considerados independientemente de sus minerales. *"...Tradicionalmente hay 6 tipos diferentes de metales denominados: oro, plata, cobre, hierro, estaño y plomo. Hay otra clase que incluye al mercurio o azogue que es un metal del cual los alquimistas diferían en sus puntos de vista así como el caso del bismuto..."*. (Stillman, 1924). Definitivamente el mercurio es considerado un metal, alejado totalmente de aquel mercurio de los filósofos o de los alquimistas. Se advierte además la inclusión de otro metal de los llamados "bastardos", actualmente semimetales, el bismuto.

"...El antimonio cuando es fundido en un crisol, y refinado resguarda sus propiedades de metal así como lo hace el plomo. Si supuestamente cuando es fundida una porción se le añade al estaño, se puede fabricar un tipo para ser usado en la impresión de libros..Cada metal tiene su propia forma la cual se preserva cuando se separa de esos metales con los cuales está mezclado...". (Stillman, 1924).

Como se mencionó anteriormente en esta discusión sobre la clasificación planteada por este químico médico la propiedad de fusibilidad aparece ligada nuevamente a la definitiva categorización de un metal, en este caso el antimonio. Además hace alusión a la aleación antimonio-estaño empleada aparentemente en la fabricación de las letras usadas en las imprentas. En la actualidad se conoce que la aleación para tipos está constituida por: Sn 5%; Pb 75%; Sb 20%. Nuevamente se hace referencia a la naturaleza distinta de cada metal y no a un origen común como se consideró a partir de los datos presentes en los dos períodos anteriores.

"...No puede considerarse que el electro (electro – electrum = plata alemana, oro argentífero, electro) y el estaño sean en sí mismo un metal real, por el contrario constituyen una mezcla de 2 metales. El electro es una mezcla de oro y plata, el estaño de plomo y plata, y además si la plata es dividida debido al electro entonces el oro

queda y no el electro, (si la plata se separa del oro no hay electro), tampoco hay estaño si se separa el plomo de la plata. Si el latón o bronce sin embargo, es encontrado con un metal nativo o no puede ser dicho con alguna confianza. Nosotros solo conocemos del bronce o latón artificial el cual consiste de cobre teñido con el color del mineral calamita y aún no se puede desentrañar si tiene propiedades de metal. El cobre blanco y negro parece ser diferente de la clase roja. Los metales son por naturaleza siempre sólidos como ya lo había establecido o fluidos como en el caso del azogue o mercurio” (Stillman, 1924). Se completa la idea, de que los metales en sí mismos y en cada caso poseen características independientes unos de otros conservando su individualidad como elementos. Y haciendo nuevamente alusión a las aleaciones. Respecto al electro lo establecido es coincidente con lo que en la actualidad se conoce como aleación, ya que esta constituye una mezcla, si se separan sus componentes la mezcla deja de existir para dar lugar a los componentes que la formaron, en este caso oro y plata. En el caso del estaño, aparentemente, Agrícola no lo considera un metal sino una aleación, es por eso, probablemente, que habla de él como si estuviera en realidad constituido por plata y plomo, aunque anteriormente lo había clasificado como metal. No le queda claro a Agrícola la diferencia entre el latón y el bronce, este último es una aleación cuyo metal principal es el cobre y que puede estar aleado con aluminio, estaño, zinc y de acuerdo a ello se lo nombra de maneras diferentes. Por ejemplo, si es una aleación cobre-aluminio al producto se lo llama bronce de aluminio, si la aleación es cobre-zinc se la llama latón, etc. Cuando hace referencia al cobre blanco, rojo y negro, sin dudas se refiere a los compuestos del cobre como los óxidos e hidróxidos. Todas las cuestiones anteriormente ilustradas revelan la independencia en pensamiento y expresión de Agrícola en la discusión de la naturaleza y origen de los metales y minerales. El en realidad no está libre de las ideas de sus predecesores y sin embargo no se limita meramente a reiterar las frases comunes del origen de las cosas a partir del aire, agua y tierra o la hipótesis mercurio – azufre del origen de metales y minerales. En lugar de discutir estas teorías él pone el énfasis en los hechos determinados por la observación y el experimento y para su tiempo es inusualmente independiente en sus juicios y en la información proporcionada por manuales de ensayos de minerales pertenecientes a la literatura más antigua. Para sintetizar esta extensa consideración sobre la clasificación de minerales se propone una tabla que reúne los datos analizados:

Tabla N° 1

Clasificación de minerales según sus propiedades

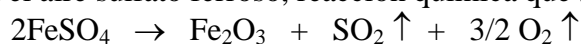
Minerales	Ejemplos	Propiedades
Tierras	Arcillas, tizas, ocre.	Pueden ser amasadas con las manos cuando se humedecen; algunas son duras.
Piedras	Imán, gemas, mármol.	Duras, transparentes, algunas brillan si se las pule, colores variados.
Jugos	Magros: verdín, herrumbre de hierro. Untuosos: alumbre, vitriolo.	Secos y poco duros. Untuosos.
Rocas	Alabastro, caliza.	No muestran calor, no se pulen, son duras.
Metales	Oro, plata, cobre, hierro, estaño, plomo, mercurio,	A veces son líquidos, son duros y fusibles.

	bismuto, antimonio.	
Compuestos o mezclas	Electro, bronce, estaño, aleación antimonio-estaño, tierras.	Adquieren las propiedades de los elementos que las forman.

➤ *De las Transformaciones y Propiedades*

Los químicos médicos en su afán por perfeccionar los fármacos empleados en la curación de enfermedades apelaron a las transformaciones de sustancias que involucraron una serie de procesos tanto físicos como químicos; al llevar a cabo esas transformaciones tuvieron en cuenta las propiedades conocidas de las sustancias, y en algunos casos descubrieron otras nuevas.

La producción de fenómenos químicos puede ser ilustrada por las menciones realizadas por diferentes representantes de la iatroquímica quienes no solo las describen sino que también se refieren a las propiedades observadas al llevar a cabo estos procesos. A este respecto Paracelso se expresa así: *“Hierro: tomar acero batido de forma delgada, llevarlo a ignición y apagar la misma en vinagre de vino fuerte. Continuar la ignición y apagar nuevamente hasta que el vinagre es de un bello color rojo y entonces destile la mezcla de vinagre y lleve a sequedad, luego hasta un polvo seco. Se obtiene un azafrán noble...”*. Como se sabe actualmente, el acero es hierro que contiene de 0,1 a 1,5% de carbono y vestigios mínimos de azufre y fósforo. Por lo tanto se puede suponer que este acero se calienta hasta ignición y luego se lo apaga en vinagre, de ese vinagre, posiblemente, reacciona el ácido acético con el hierro. Seguramente cuando el acero estaba incandescente comienza a producirse la reducción, de donde también se desprenden vapores de dióxido de carbono. El rojo del vinagre se debe probablemente a la formación de óxido férrico, que es lo que se obtiene finalmente por destilación de la parte volátil y posterior calcinación. Se puede suponer entonces que llama *“azafrán noble”* al óxido férrico. *“...Hay un proceso para hacer azafrán el cual es algo mejor y se prepara con menos enturbiamiento. Este método consiste en que el plato delgado de acero es estratificado y reverberado con partes iguales de azufre y tártaro. Esto da un azafrán extremadamente maravilloso el cual se extrae del palto delgado...”*. En este método para preparar el óxido férrico se colocaba aparentemente en capas superpuestas azufre y tártaro y se lo llevaba a un horno. Allí se calentaba y se producía el óxido buscado. El color pardo rojizo es característico cuando el aire en el que es calentado contiene azufre y es por lo que probablemente se considera en este pasaje que el óxido era de mejor calidad. *“...También con aceite de vitriolo, éste mata al hierro, lo destruye y lo consume y lo convierte en azafrán”* (Stillman, 1924). Es conocido que el óxido se obtiene al calcinar en el aire sulfato ferroso, reacción química que se representa así:

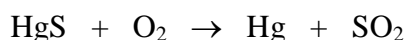


En este sentido Paracelso discute sobre la “mortificación” de los metales; “muerte” fue un término muy usado por los alquimistas primeros, para algunos procesos en los cuales se necesitaba privar a los metales de su vida o espíritu. Se puede decir que en general todos los procesos descritos se corresponden con los que actualmente llamamos oxidación directa o indirecta y que por todos ellos era obtenido el óxido férrico, en algunos casos más puro que en otros. Por eso es que en el lenguaje alquímico el hierro muere, deja de existir su cuerpo para convertirse en otro cuerpo, que es un compuesto, nótese también que podemos pensar que al hablar de muerte se quiere hacer referencia a que el producto obtenido es distinto, tiene otro aspecto y otras propiedades distintas al

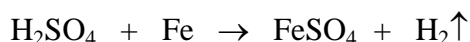
material usado al iniciar la reacción. La “mortificación” de Paracelso es con bastante probabilidad lo que actualmente se conoce como oxidación.

Así como habla de mortificación, Paracelso menciona a la “resucitación de las cosas naturales”. Al respecto él dice: *“El mercurio puede ser resucitado a partir del cinabrio, o desde el mercurio precipitado por frotación, mezclado con albúmina de huevo y jabón, haciendo una pelota del tamaño de una nuez y calentando en un recipiente terroso tapado con una plancha perforada de hierro hasta el cuello, calentando a fuego fuerte y destilando por descenso en agua fría. Entonces usted tiene mercurio”* (Stillman, 1924)

. El mercurio aquí es obtenido a partir de su mineral cinabrio (sulfuro mercúrico), moliéndolo hasta convertirlo en polvo y se lo mezcla con albúmina de huevo, que según se conoce, contiene carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno y que precipita cuando se contacta con sales de metales pesados y el jabón se sabe que está constituido por sales de ácidos grasos de sodio o potasio. Toda esta mezcla se calienta y allí se produce la reducción del mercurio que destila y es condensado. La presencia de la plancha perforada de hierro, se puede suponer que es para la purificación del mercurio obtenido lo que puede asimilarse a una técnica utilizada por los alquimistas con el mismo propósito. En la actualidad el mercurio es obtenido por tostación del mineral cinabrio, este proceso se representa por la ecuación:



El problema de la prioridad en la observación del hidrógeno, tal como figura en la historia de la química es interesante. F. Hoefler en su “Historia de la Química” da a Paracelso el crédito por esta observación tal como sigue: *“la efervescencia que se manifiesta cuando el agua o aceite de vitriolo (ácido sulfúrico) son puestos en contacto con un metal tal como el hierro no había escapado a su espíritu observante. El conoce que en esta operación se da un aire, un viento y que este aire se separa del agua de la cual es esto un elemento. Paracelso había reflejado la verdad en ello”* (Stillman, 1924). En este pasaje se hace referencia al desprendimiento de hidrógeno, cuando reacciona el ácido sulfúrico con hierro y forma además el sulfato ferroso, lo que actualmente se representa con la ecuación:

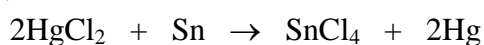


La manera de caracterizar al hidrógeno gaseoso es comparándolo con el aire, única sustancia, en las primeras épocas filosófica, gaseosa considerada hasta el momento. Este “viento”, el hidrógeno, es por primera vez considerado como un elemento. Aunque se desconoce, según nos comenta Stillman, si fue en realidad Paracelso quien lo describe por primera vez, ya que su descubrimiento es acreditado por algunos escritores a Turquet de Mayerne y por otros a Boyle.

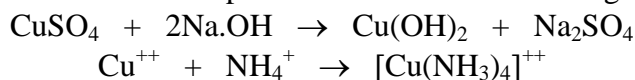
En el trabajo de “Pharmacopea” aparece muy claramente la descripción de una observación realizada por Turquet de Mayerne: *“yo había tomado 8 onzas de limaduras de hierro y las había puesto en una cubeta profunda de vidrio. Había añadido sucesivamente 8 onzas de aceite de vitriolo y un poco después agregué una cantidad igual de agua caliente. Se produjo una enorme agitación, una gran ebullición, y un “meteorismo” de la materia que cesaba fácilmente por agitación con una varilla. Se produce también un vapor fétido sulfuroso, muy nocivo para el cerebro, el cual si se acerca cerca de una vela se prende fuego, por lo cual esta operación debe hacerse al aire libre o bajo una chimenea”* (Stillman, 1924). Realmente en esta descripción se está hablando del gas hidrógeno, no quedan dudas al leerla. Además en este caso se suma a la reacción el agregado de agua y es por ello que Turquet observa esa agitación que

tanto llama su atención. Con respecto al gas sulfuroso que él nombra se trata en realidad del hidrógeno del que se conoce que es un gas incoloro, sin sabor ni olor, lo que se no refleja a través de la descripción, esto conlleva a pensar que en la reacción pueden haber estado presentes vestigios de impurezas que le dan un olor desagradable, inclusive se puede suponer que esas impurezas llevaron a la formación de sulfuro de hidrógeno, le atribuye a esta misma sustancia propiedades combustibles lo que no es correcto. Esto lleva a suponer que en realidad otro producto era hidrógeno el que sí presenta en cambio esta propiedad. Además se refleja desde la cita una relación cuantitativa entre las sustancias que originan la reacción química.

Libavius, un seguidor de Paracelso, trabajó generalmente acerca de preparaciones de sustancias con relación a su uso en medicina. El tetracloruro de estaño, al cual *“preparaba por calentamiento de sublimado corrosivo con estaño y al cual llamaba ‘liquor or spiritus of mercury sublimate’ fue muy conocido como spiritus fumans Libaviu”*, esto es calentando cloruro mercúrico con estaño, reacción química que actualmente se representa así:

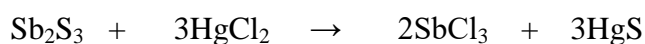


Fue Libavius quien realizó: *“la observación del color azul producido en el amonio por el cobre. También pareciera que el sulfato de amonio fue preparado por él”* (Salzberg, 1991). Esta cita se refiere probablemente a la reacción, que se produce cuando se agrega solución de hidróxido de sodio o potasio a una solución fría de una sal cúprica, formando un precipitado azul pálido de hidróxido cúprico, éste último, se sabe que es muy soluble en amoníaco acuoso dando como resultado un complejo soluble, el ión cuproamino, de color azul muy intenso que es característico y es a lo que probablemente se refiere Libavius. La reacción se representa actualmente como sigue:



Beguin fue otro de los iatroquímicos que realizó aportes respecto a las transformaciones de las sustancias, en este sentido se puede citar un fragmento del libro denominado *“Elementos de Química”* en el cual reportó que: *“cuando el sublimado corrosivo cloruro mercúrico y la estibina (SbS₃) eran calentados el mercurio en la sublimación se combinaba con el azufre proveniente de la estibina por lo que el antimonio se combinaría con el ‘Espíritu vitriólico’ (cloro). Sus productos fueron cinabrio (HgS) y manteca de antimonio (SbCl₃)”* (Salzberg, 1991). La reacción expresada en términos de Beguin es:

Estibina + sublimado corrosivo → manteca de antimonio + cinabrio



Observando cualquiera de las dos interpretaciones, es obvio que Beguin conocía que el cinabrio estaba compuesto de mercurio y azufre; la manteca de antimonio estaba hecha de antimonio y cloro; la estibina consistía en antimonio y azufre y el sublimado corrosivo estaba hecho de mercurio y plomo. Según Salzberg, él afirmó que cuando las sustancias se combinan ellas no pierden su identidad individual, ya que siguen existiendo en el compuesto. Se puede inferir desde lo expresado en estas reacciones que tal vez Beguin actualmente habría descrito y dado una correcta explicación de lo que se conoce como reacción de doble descomposición o doble desplazamiento.

Agrícola, del que ya se hizo referencia en este período, también estuvo interesado en las transformaciones producidas a partir de la reacción entre sustancias, esto se puede observar en la descripción de 10 recetas para los materiales que podían ser destilados en

el horno. La primera consiste de: " una libra de vitriolo con bastante agua y 1/3 de libra de agua de manantial. Destilando esto se produciría solo ácido clorhídrico por calentamiento suave y forzando el calentamiento podría eventualmente producirse algo de ácido sulfúrico". El vitriolo empleado puede haber sido sulfato ferroso, sulfato de zinc o sulfato cúprico, y la presencia del cloro para formar ácido clorhídrico seguramente estaba proporcionada por el agua de manantial en algún compuesto salino como por ejemplo cloruro de sodio. La segunda receta tiene: " 2 libras de vitriolo, una de salitre con agua. Esta mezcla da primero ácido nítrico más o menos diluido el que en una etapa posterior de la destilación se mezcla con ácido sulfúrico, la tercera consistía de 4 libras de vitriolo, 2 ½ de nitro, ½ a una libra de alumbre con agua" (Stillman, 1924), que revelan la formación del ácido nítrico y el ácido sulfúrico posteriormente.

Nuevamente el vitriolo representa la presencia del ión sulfato, también hay aquí nitrato de potasio y agua. Se advierte además una relación cuantitativa entre las sustancias empleadas. De la cuarta a la 8° receta son de mezclas de la misma naturaleza general en las que varían las proporciones pero que en lo esencial no se diferencian. La 9° contiene: " 2 libras de polvo ladrillo, una de vitriolo, una de salitre, ½ de sal y ¾ a 1 libra de agua. Esta mezcla debería originar agua regia de concentración creciente según el progreso de la destilación", el agua regia es una mezcla de ácido nítrico y ácido clorhídrico concentrados. Para obtenerla están presentes el ión sulfato, el nitrato de potasio, el cloruro de sodio y agua. La 10° mezcla consiste de: " 3 libras de salitre, 2 de piedras las cuales se licúan en el horno con fuego de 3° grado (fuego medio). Además tiene de ½ a 1 libra de verdigris, de sitibium (sulfuro de antimonio), hierro y asbesto con una a un tercio de libra de agua de manantial. Destilando a sequedad el producto vendría a ser ácido nítrico que contiene mucho ácido nitroso y al final de la destilación también se produciría ácido sulfúrico" (Stillman, 1924). Otra vez los ácidos nítrico y sulfúrico son los productos obtenidos partiendo de la receta, que también muestra además relaciones cuantitativas.

Las recetas consideradas se presentan en una tabla, para facilitar su análisis y comparación, y se detallan a continuación:

Tabla N°2

Recetas para preparar sustancias

Receta N°	Materia prima inicial	Producto final obtenido
1	1 libra de vitriolo – agua – 1/3 libra de agua de manantial.	HCl H ₂ SO ₄
2	2 libras de vitriolo – 1 libra de salitre con agua.	HNO ₃ H ₂ SO ₄
3	4 libras de vitriolo – 2 1/2 libras de nitro – ½ a 1 libra de alumbre con agua.	HNO ₃ H ₂ SO ₄
9	2 libras de polvo de ladrillo – 1 libra de vitriolo – 1 libra de salitre – ½ libra de sal – ¾ a 1 libra de agua.	Agua regia (HNO ₃ + HCl → NOCl + Cl ₂ + 2H ₂ O)
10	3 libras de salitre – 1/2 a 1 libra de verdigris – 1/2 a 1 libra de sulfuro de antimonio – 1/2 a 1 libra de asbesto – 1/3 a 1 libra de agua de manantial.	HNO ₃ con mucho contenido de HNO ₂ . H ₂ SO ₄

Del análisis de la tabla se desprende que los productos obtenidos son en general ácidos. Las sustancias que los originan son variadas, pero es constante la presencia de vitriolo,

que revela a su vez la presencia del ión sulfato. También el agua está presente en todas las recetas, posiblemente proporcionando el hidrógeno necesario. Cuando se obtiene también ácido nítrico se incluye en la receta al salitre o nitro lo que revela la presencia del ión nitrato. En la receta 9 se advierte la presencia de sal, que seguramente es cloruro de sodio, que es quien aportaría el cloro para la formación del ácido clorhídrico. En otros casos, como por ejemplo en la receta 1 el cloro parece ser proporcionado por el agua de manantial. En todas las recetas consideradas se advierte una relación cuantitativa entre las sustancias iniciales.

También los procesos de **separación de los metales desde sus minerales** fueron considerados por los iatroquímicos quienes además describieron y utilizaron las propiedades de los metales tales como **fusibilidad, maleabilidad, brillo, aspecto, color, peso específico**.

Paracelso en un fragmento de su “De Mineralibus” dice: “ *Un metal es aquel que puede ser convertido en un instrumento por el hombre. Los mismos son: oro, plata, hierro, cobre, plomo, estaño; estos son generalmente conocidos como metales. Ahora hay algunos metales que no han sido reconocidos en los escritos de los antiguos filósofos y ni siquiera reconocido como tales, es decir como: el zinc, cobalto, los cuales pueden ser martillados y forjados con el fuego...*”. El químico médico caracteriza a los metales considerando, de manera implícita en esta cita, sus propiedades de maleabilidad, ductilidad, fusibilidad, etc. cuando dice: “*Un metal es aquel que puede ser convertido en un instrumento...*”. Además agrega a la lista de metales ya conocidos el zinc y el cobalto, sugiriendo que si presentaban las mismas propiedades que el oro, la plata, etc. debían ser considerados también metales. Y en otra parte del mismo libro dice: “*¡Hay también otro metal llamado zinc...éste no es conocido generalmente; en este sentido es un metal de una clase especial y desde otro punto de vista es una semilla. Algunos metales se mezclan con él. Este metal es fusible porque proviene de tres elementos fusibles: azufre, mercurio y sal. Pero no posee maleabilidad y si fusibilidad. Su color es diferente del color de los otros así que no se encuentran otros metales en su desarrollo. Es de tal manera que su materia prima no es conocida por mí*” (Stillman, 1924). Cuando él descubre el zinc, busca explicar su origen, como es de esperar, desde su Tría Prima y considera que ya que su origen son tres sustancias fusibles, el zinc también lo era. Llama la atención de Paracelso que este metal, aunque en poca cantidad, se encuentra libre en la naturaleza, por eso él dice que: “*no se encuentran otros metales en su desarrollo*” y lo llama también “*semilla*” por el mismo motivo y porque, como dijimos anteriormente, los metales para él crecían de semillas. Además percibe otra característica y es la de presentar un color característico. En realidad el zinc, como sabemos, es un metal gris blanco o azulado brillante, pero pierde el brillo al aire húmedo, pues se cubre de una capa de óxido y de carbonato que lo protege de un posterior ataque, y es por ello, posiblemente, que el brillo metálico no es observado por Paracelso, y es lo que tal vez lo hace afirmar que es un metal de color diferente a los otros. A su vez en la “Philosophía...” él se refiere al zinc en conexión con una teoría caprichosa acerca del origen de los metales en la cual dice: “*...el zinc es un metal y solo uno al igual que el bismuto y los cuales funden y de algún modo son maleables. A su vez ellos son considerados metales debido a su fusibilidad pero también son metales bastardos. Esto es, porque son afines con otros, pero a su vez son diferentes. Por ello el zinc es en mayor parte un bastardo del cobre y el bismuto del estaño*” (Stillman, 1924). En este pasaje se consideran las propiedades que hacen al comportamiento y aspecto de estos tres elementos como metales pero a su vez se distinguen en ellos las características que los hacen parecerse a los no metales actuales. El término “*bastardo*”, con el correr de los siglos, se transformó en el término con que actualmente llamamos a estos

elementos, “semimetales”. Podemos concluir, entonces, que esta caracterización del zinc y del bismuto como metales bastardos encuentran analogía en una centuria posterior cuando se designa a éstas y otras sustancias como medio metales o semimetales; esto fue considerado así por Boerhave en los comienzos del Siglo 18.

Biringuccio realiza descripciones de métodos de recuperación de metales desde los minerales en forma clara y comprensible, esto puede ser ilustrado por su descripción de la recuperación del oro desde arenas de río. *“Así como se ha mencionado hay algún acero encontrado en las arenas de varios ríos, como en España, (en el Tajo), en el Ebro, en Asia en el Pactolus, en India en el Ganges, y en varios ríos de Hungría, Bohemia y Lasliffa; en Italia en las arenas del Ticino, Adda y Po; no en todas las arenas sólo en ciertos lugares especiales, aquellos que tienen lechos de grava, con lodos y en los cuales el oro está mezclado en la forma de hojuelas o partículas minúsculas. Ahora en tiempos de invierno es difícil recuperarlos. Entonces sí es más fácil en verano para recuperarlos por ingeniosos métodos, lavando las arenas y haciéndolas pasar por material especial, usando tablas de ébano, por ejemplo u otros materiales fibrosos, la superficie de los cuales son taladradas haciendo huecos a ellos. Se hace pasar a través de ellos la arena con abundante agua, la arena es más pesada, entra en los huecos y el oro flota y así se separa de la arena. El oro es cuidadosamente recuperado y finalmente colocado en un vaso de madera, se lo vuelve a lavar hasta que este bien limpio. Finalmente se amalgama con mercurio y se lo coloca en el alambique para ser destilado. Lo remanente es oro, el mercurio es evaporado, libre de arena, se funde con bórax o salitre o jabón y reduce su volumen, se forman así barras del tamaño que se desee”* (Stillman, 1924). Después de anunciar en qué lugares se puede encontrar oro detalla el proceso de lavado, del que ya se hizo referencia en el período anterior. La diferencia en este caso es que el proceso no se detiene allí, sino que después de obtener el oro, se lo funde con borax u otra sustancia y que, según expresa, no altera su naturaleza pero reduce su volumen. En realidad se sabe que el proceso de fusión no altera la cantidad de oro existente sino su apariencia física, y forma barras que se supone son similares a los lingotes que se conocen actualmente. De la cita se puede inferir que el oro fundido se colocaba en algún tipo de molde ya que el iatroquímico habla de obtener las *“...barras del tamaño que se desee...”*.

➤ *De los Aportes Teóricos*

Las ideas que habían brillado en las especulaciones, de los filósofos griegos particularmente, fueron edificándose sobre bases cada vez más sólidas, ahora constituidas por la experiencia, seguían ligadas en algunos aspectos a las concepciones aristotélicas. En este sentido, los iatroquímicos y especialmente Paracelso y Beguin realizaron importantes aportes teóricos que en el futuro contribuirían al establecimiento de la química como una ciencia.

Paracelso en su doctrina conocida como: “La Tría Prima” sostiene que: *“Tres son las sustancias que originan el cuerpo: cada cuerpo consiste de tres cosas. Los nombres de estas tres cosas son: azufre, mercurio y sal. Cuando estas tres se combinan entonces tenemos lo que llamamos el cuerpo y nada es añadido a él excepto la vida y lo que de él depende...Ahora para comprender este hecho tomamos primero, por ejemplo, madera. Esto es un cuerpo. Ahora procedemos a quemarlo. Lo que se quema es el azufre; lo que se vaporiza es mercurio y lo que se torna en cenizas es sal...Esto es, lo que se consume es azufre; lo que es gas es mercurio, nada sublima, salvo el mercurio; lo que se torna en cenizas es sal; lo que no es sal, no se torna en cenizas”* (Stillman, 1924). Esta doctrina se basa en la idea, como podemos entender a través del pasaje anterior, que

toda la materia esta hecha de tres principios, azufre, mercurio y sal. Esta noción, recordemos, estaba desarrollada en las teorías árabe-griego de la constitución de los metales y otras materias, a partir del azufre y del mercurio. Esta teoría ligada a la filosofía medieval implicaba que el mercurio y el azufre eran las primeras sustancias que habían sido generadas en la tierra a partir de los elementos: fuego, agua, aire, tierra. Para el azufre esto venía a comprender el constituyente que es combustible, para el mercurio la madre de todos los metales siendo la fluidez su propia característica. Este además originaba la fusibilidad en los metales los cuales eran generados por él y lo contenían.

Desde otro punto de vista, la materia fue considerada por otros filósofos medievales como que estaba compuesta por cuerpo, espíritu y alma. El cuerpo era aquel que le daba solidez y permanecía, el espíritu era el que escapaba desde el fuego y era volátil. El alma no fue definida inteligentemente y directamente se la adoptó en forma general. Paracelso cristaliza esta vaga teoría en una más tangible cuando asume que toda la materia está hecha de tres sustancias principales y le adjudica a las mismas funciones más definidas que las que previamente habían sido reconocidas. El azufre fue el principal combustible, el mercurio el que impartía fusibilidad, fluidez y volatilidad, y la sal, la que no era ni volátil, ni combustible. Esta idea fue desarrollada por Paracelso en varias partes de sus trabajos. En el “De Rerum Naturalium”, él relata sus tres principios de la teoría de cuerpo, alma y espíritu: *“...yo conozco los siete metales que originan los tres materiales nombrados como mercurio, azufre y sal, los que tienen diferentes colores. Así como Hermes ha dicho no incorrectamente que los siete metales nacen y se componen de tres sustancias, similarmente también lo hacen las tinturas y la piedra filosofal. El llama a estas tres sustancias espíritu, alma y cuerpo. Pero él no ha indicado cómo se puede comprender esto y que da a entender con ello. Tal vez él conoce sobre esto pero no lo ha pensado por aquí. Yo no digo que él esté errado, sólo que está en silencio. Pero para comprender por qué las tres diferentes sustancias a las que él llama: espíritu, alma y cuerpo yo debería conocer que ello no quiere decir otra cosa que los tres principios azufre, mercurio y sal a partir de los cuales los siete metales se originan. El mercurio es el espíritu, el azufre es el alma y la sal es el cuerpo”* (Stillman, 1924). Es hasta lógico pensar que las afirmaciones de Hermes son oscuras, poco claras, ya que es una característica que marca la época de la alquimia; es por ello que Paracelso no logra descifrar claramente lo que éste intentaba expresar con sus ideas sobre la constitución de los cuerpos. Además Paracelso pretende que Hermes “explique” lo que afirmaba, olvidando tal vez que los alquimistas primeros solo experimentaban con las cosas sin buscar explicaciones coherentes, simplemente porque no les interesaba hacerlo. Ellos, recordemos, basaron su actividad experimental en teorías heredadas de los filósofos y su único objetivo era obtener oro acualquier precio. Tal vez es por esto que Paracelso dice: *“...no ha pensado por qué...”*. Paracelso logra un paralelismo entre lo que sostenía Hermes y lo que él afirmaba como fundamento de su Tría Prima. Es así que, para Paracelso el mercurio era el espíritu; el azufre era el alma y la sal era el cuerpo. Ahora bien, Paracelso no indica en ningún lugar de sus obras si considera el azufre, mercurio y sal como meramente mercurio, azufre y sal común, pero así como los alquimistas primitivos consideraban su azufre y mercurio como un “mercurio de los filósofos” y un “azufre de los filósofos”, él también usaba un concepto similarmente generalizado de los tres principios. Esto es así tanto que en su “De Mineralibus”, donde él discute sus tres principios con considerable extensión dice: *“Así como hay clases de frutas, hay clases de azufre, sal y de mercurio. Un azufre diferente está en el oro, otro en la plata, otro en el hierro, otro en el plomo, estaño, etc. También hay uno diferente en el zafiro, otro en la esmeralda, otro en el rubí, etc. Asimismo hay*

otro en las rocas o piedras, en las sales, etc. Y no sólo hay distintas clases de azufre sino que también hay algunas clases de sal, unas diferentes en los metales, otras diferentes en las gemas, rocas, sales, vitriolo, alumbre. Similarmente ocurre con el mercurio, hay uno diferente en los metales, otro en las gemas, y así siguiendo, es decir, que, así como hay una especie hay un mercurio diferente. Y ello son tres cosas. De una naturaleza es el azufre, de otra naturaleza es la sal y de otra el mercurio. Y además ellos están aún más divididos así es que no hay meramente una clase de oro, así como hay una sola clase de peras o manzanas, sino algunas clases. Es por esto que, hay algunas clases diferentes de azufre de oro, sales de oro, mercurio de oro” (Stillman, 1924). En este escrito el químico médico ilustra de manera clara y comprensible cómo es que él considera el origen y la constitución de las sustancias en su Tría Prima, ya que hace notar que si bien el origen es siempre azufre, por ejemplo, no todas las cosas o sustancias originadas de él son iguales. Para cada sustancia sugiere una clase de azufre distinta, es decir que en realidad tendría que haber tantas clases de azufre como de sustancias se conocieran, y hace extensivo esto para el mercurio y la sal. Pone de manifiesto, además que, entre las tres sustancias azufre, mercurio y sal no hay puntos en común, son distintas entre ellas. Cada una tiene una naturaleza independiente de la otra. Cada una cumple una función distinta. Pero las tres son los únicos orígenes aceptados por él para cualquier clase de materia. Y los tres pueden dar origen a clases de materia con una sustancia determinada, como por ejemplo, el oro. Actualmente podríamos dar como ejemplo: el cloruro áurico, el nitrato auroso, el sulfato áurico, las tres sustancias tienen oro, pero fueron originadas de distintas fuentes o naturalezas, si vale la comparación.

CONCLUSIONES

Por cientos de años los alquimistas y los iatroquímicos habían aislado, purificado y caracterizado nuevas sustancias y descubierto nuevas reacciones. Asimismo textos impresos habían facilitado la información que concierne a las sustancias y sus usos. Sin embargo, algunos nuevos desarrollos que podían ser radicales no ocurrieron rápidamente. Esto es así porque cuando se confrontaban con nuevos materiales y nuevas reacciones siempre se trató de explicarlos desde la teoría racional aunque se aceptaron algunos supuestos ad hoc para explicar nuevos hechos. Estos comenzaron a modificar los puntos de vista aceptados hasta allí.

La próxima generación creció con la claridad de las teorías modificadas como marco de referencia, las cuales se confrontaron con más información demandando explicaciones adicionales.

Esta visión evolutiva, que concede gran importancia al contexto concreto en el que se desarrollan las teorías, trae consigo la asignación de un importante papel al criterio de la comunidad científica, frente a reglas formales lógicas como criterios de evaluación de las ciencias.

Es válido por lo tanto resaltar el aporte de los químicos médicos a la química, los que estuvieron centrados en transformaciones, propiedades y clasificaciones de sustancias. Pero sin duda el aporte más trascendente de la Iatroquímica a la Química fue contribuir fuertemente a la decadencia de la veneración de las doctrinas tradicionales y antiguas, lo que había caracterizado a las centurias precedentes, y lo que impedía que la Química focalice claramente su objeto de estudio y nazca definitivamente como una disciplina científica.

Se puede decir a partir de lo expuesto que la contribución de la iatroquímica en el desarrollo de la futura química reconoce la decadencia de la veneración de las doctrinas

tradicionales y antiguas, lo que había caracterizado a los Siglos precedentes. Asimismo numerosos experimentos se adicionaron a los ya existentes; los nuevos descubrimientos fueron preparando el camino y proveyendo el material para desarrollos constructivos futuros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Partington, J., (1989), *“A Short History of Chemistry”*, New York.

Salzberg, H. (1991), *“From Cavemanto Chemist, Circunstances and Achivements”*, American Chemical Society, Washington, DC.

Stillman, J., (1924), *The Story of Alchemi and Early Chemistry”*, Dover Publications, Inc, New York

Información y novedades

VIII JORNADAS DE ENSEÑANZA UNIVERSITARIA DE LA QUÍMICA XIV REUNIÓN DE EDUCADORES EN LA QUÍMICA, REQ XIV

Entre los días 20 y el 23 de mayo de 2008 en la ciudad de Olavarría se realizaron, conjuntamente, las VIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Química y la XIV Reunión de Educadores en la Química. Las mismas fueron organizadas por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, la Asociación Química Argentina y la Asociación de Educadores en Química de la República Argentina.

Asistieron un total de 300 docentes e investigadores procedentes de distintos puntos del país. Concurrieron de las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán, Chaco, Misiones, Entre Ríos, Santa Fe, Córdoba, San Juan, Mendoza, La Pampa, Buenos Aires, Neuquén, Río Negro y Chubut. También estuvieron presentes docentes procedentes de México, Brasil y Chile.

Actividades realizadas

Durante el período que duró el Congreso se realizaron siete **conferencias** plenarias, a cargo de reconocidos especialistas del país, a saber:

Procesos físicos y químicos en la temperie y el clima. El cambio climático y sus efectos sobre tales procesos. Impactos.

Disertante: Dr. Osvaldo F. Canziani. Co- presidente del Grupo de Trabajo II, IPOCC. Vulnerabilidad, Impactos y Adaptación al Cambio Climático. Buenos Aires.

Modelos, analogías y metáforas en la enseñanza de la química

Disertante: Dr. Andrés Raviolo. Doctor en Educación. Centro Regional Universitario Bariloche. Universidad Nacional del Comahue. Coordinador filial Patagonia. ADEQRA

Nueva química amigable con el ambiente: avances recientes a nivel nacional e internacional

Disertante: Dra. Norma Sbarbati Nudelman. Doctora en Ciencias Químicas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

La química de procesos culinarios

Disertante: Dr. Guillermo Manrique. Doctor en Ciencias de los Alimentos Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

Filosofía de la química: una nueva subdisciplina relevante para la enseñanza de la química

Disertante: Dr. Martín Labarca. Doctor en Ciencias Sociales y Humanas. CONICET – Universidad Nacional de Quilmes.

La ciencia en la escuela: química, en el nivel primario y medio

Disertante: Lic. Marta Bulwik. Licenciada en Enseñanza de la Química. Instituto Superior del Profesorado Joaquín V. González.

Algunas reflexiones sobre los inicios de la formación de posgrado en enseñanza de las ciencias en argentina.

Disertante: Dra. Lydia Cascarini de Torre. Doctora en Química. INIFTA – CIC. AQA Co – Directora de la Maestría en Enseñanza de las Ciencias Experimentales. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

También se llevó a cabo una Charla Informativa a cargo del Dr. Eduardo Castro, reconocido investigador, quien habló sobre:

El Conicet en el sistema científico y educativo argentino. Estrategias, políticas y cambios actuales de cultura institucional.

Disertante: Dr. Eduardo Castro. Dr. en Química. Secretario de la Asociación Química Argentina. Universidad Nacional de La Plata.

Tal como estaba previsto, se desarrollaron tres **mesas redondas** en las que se expusieron y discutieron diferentes temáticas, a saber:

Enseñanza universitaria de química

Integrantes: Dra. Luz Lastres (UBA) - Dra. Alicia Jubert (UNLP) - Dra. Mónica Grosman (UNMdP) - Lic. Oscar Díaz (UNCPBA).

Coordinadoras: Dra. Luz Lastres (UBA) y Dra. Nora Eyler (UNCPBA)

Uso de diversos lenguajes para la enseñanza y el aprendizaje de la química: investigación y experiencias didácticas

Integrantes: Dra. Silvia Porro (UNQ) - Dra. Lidia Galagovsky (UBA) - Dra. Marcela Fejes (UNSP, Brasil).

Coordinadora: Dra. Lidia Galagovsky (UBA)

El impacto de la investigación en enseñanza de las ciencias en la formación docente

Integrantes: Lic. Ana Varillas (UNS) - Dra. Gabriela Lorenzo (UBA) - Ing. Francisco Ramos (UNS) – Prof. Gustavo Bender (M. del Plata) y Prof. Alejandra De Fago (M. del Plata).

Coordinadora: Dra. Adriana Rocha (UNCPBA)

Presentación de trabajos en modalidad poster con defensa oral

Se presentaron numerosos trabajos, de los cuales 132 fueron aprobados para su publicación y presentación como carteles, con la posibilidad de defensa oral (5 minutos) utilizando para ello el poster y-o transparencias. Esta modalidad despertó gran interés, ya que permitió un mayor intercambio entre los asistentes.

Estos trabajos correspondieron a diferentes secciones de acuerdo a los ejes temáticos del evento:

- ❖ Sección I: Diseño y desarrollo curricular en Química. (4 Trabajos)
- ❖ Sección II: Enseñanza de la Química: Estrategias didácticas y metodológicas. (59 Trabajos)

- ❖ Sección III: Divulgación científica y su relación con la educación en Química. (5 Trabajos)
- ❖ Sección IV: Propuestas innovadoras de enseñanza de la Química. (15 Trabajos)
- ❖ Sección V: Investigación educativa en Química. (25 Trabajos)
- ❖ Sección VI: Enseñanza de la química en carreras no químicas. (24 Trabajos).

Talleres

Se recibieron veinticinco (25) propuestas de talleres, siendo evaluadas por el Comité Científico a partir de una presentación escrita por parte de los talleristas, aprobándose la realización de 23 de ellos. En total se desarrollaron 22 talleres los cuales contaron con alrededor de 220 participantes

Publicación de material impreso y en CD

Se editaron libros en formato papel en los que se incluyeron los listados de Conferencias (con los resúmenes correspondientes), Mesas Redondas, Talleres, y trabajos aceptados para su presentación y publicación en la Memoria (en CD).

El CD correspondiente a la Memoria del Congreso, incluye los resúmenes de Conferencias, Mesas Redondas, Talleres y trabajos (resúmenes extendidos), con datos de autores y sus correos electrónicos. Se tramitó el correspondiente ISBN (N° 978-950-658-203-6).

Becas

Se contó con un sistema de apoyo a becarios, siendo beneficiados alumnos de otros centros (se le abonó estadía y almuerzos), y alumnos de grado y de posgrado de la zona de influencia de la UNCPBA, a los cuales se los eximió del pago de la inscripción al Congreso y Talleres, entregándoseles el material (portacarpeta, carpeta, CD, libro índice).

Cronograma

El Cronograma del evento fue difundido con anticipación y se cumplió en su totalidad. Las actividades se iniciaron con el acto inaugural realizado en el Teatro Municipal de la ciudad de Olavarría, el día 20 de mayo a las 10:30 horas, y finalizaron con la realización de talleres el día 23 de mayo a las 18 horas.

Informaciones y novedades

¿Cómo asociarse a ADEQRA?

Puede solicitar la ficha de inscripción a la filial que le corresponda, según su procedencia, o completar la ficha que aparece en la página web.

Debe pagar, por única vez, la cuota de inscripción de diez pesos (\$ 10) y una cuota anual de treinta pesos (\$ 30) en el primer cuatrimestre del año (estudiantes, \$20).

La forma de pago debe solicitarla a cada filial según su procedencia. Si no tiene una filial cercana, la Asociación dispone de varias formas para abonar las inscripciones y/o cuotas, de manera que sus socios puedan elegir aquella más conveniente:

1-- **Depósito bancario** en cualquier sucursal del **Banco GALICIA** en la cuenta a nombre de la Asociación: **N° 9750124 - 2122 – 7**

2-- **Transferencia bancaria** a la misma cuenta cuyo

CBU es **0070122430009750124274 CUIT N° 30 - 68934800 - 5**

Al efectuar el pago a través del Banco deben enviarse por e-mail a dtegli@fra.utn.edu.ar

(Tesorero) o a estelazamudio@adeqra.com.ar (Secretaria) los siguientes datos:

- la fecha de pago (depósito o transferencia),- el número de operación,- la sucursal donde se hizo el depósito bancario (número y Barrio/Localidad),- el monto del pago.

Inmediatamente después de acreditado dicho pago, se le confirmará por e-mail, y se adjuntará el recibo oficial de la Asociación con el ejemplar de la siguiente revista.

Le recordamos que el envío de las revistas se realiza a los socios con la cuota al día.

Las consultas pueden dirigirse a las siguientes direcciones de mail:

Administración adeqra@adeqra.com.ar

Secretaría: estelazamudio@adeqra.com.ar

Tesorería dtegli@fra.utn.edu.ar

Los socios de ADEQRA reciben una revista Educación en la Química semestralmente, el Boletín informativo electrónico cada dos meses y mensajes con información que nos llegue sin la necesaria antelación para publicarla en el Boletín . Obtienen descuentos en las REQ, que se realizan cada dos años, y en otras reuniones organizadas por la Asociación u otras entidades con las cuales se establezcan convenios, tales como ADBIA, APFA, AQA.

Para acceder a mayor información acerca de la Asociación de Docentes en la Enseñanza de la Química de la República Argentina, así como a noticias de interés para los colegas, puede visitarse la página web: www.adeqra.com.ar

Nómina de Filiales de ADEQRA

Buenos Aires

adeqra@adeqra.com.ar

Presidente: Luis Costa

costaluismario@yahoo.com.ar

Secretaria: Estela Zamudio

estelazamudio@adeqra.com.ar

Filial Rosario

rosario@adeqra.com.ar

Coordinador: Celia Edilma Machado

edymachado@adeqra.com.ar

Secretaria: Adriana Caille

acaille@ips.edu.ar

Filial San Rafael

sanrafael@adeqra.com.ar

Coordinador: Osvaldo José Rodríguez

osvaldojrodriguez@yahoo.com.ar

Secretario: Raúl Ernesto Chernikoff

rchernik@fcai.uncu.edu.ar

Filial Patagonia

adeqrabariuloche@yahoo.com.ar

Coordinador Andrés Raviolo

araviolo@bariloche.com.ar

Secretaria Teresa Mesa

tercarrie@yahoo.com.ar

Filial Olavaria-Tandil

centropba@adeqra.com.ar

Coordinador: Adriana Rocha

arocha@fio.unicen.edu.ar>

Secretaria: M^a Luz Diez

marialuzdiez@yahoo.es

Filial Formosa

formosa@adeqra.com.ar

Coordinador: Griselda García de Ferrari

griselgg@yahoo.com.ar

Secretario: Alejandro Maldonado

Filial Salta

salta@adeqra.com.ar

Coordinador: Violeta Torres

torresav@arnet.com.ar

Secretaria: Dora G. Matana

dmatana@netizen.com.ar

Filial Gualeguay

gualeguay@adeqra.com.ar

Coordinador: Gustavo Borro

cordobaonce@msn.com

Secretario: Néstor Larreteguy



XXVII Congreso Argentino de Química

17 al 19 de Septiembre de 2008
Tucumán - Argentina



El **XXVII Congreso Argentino de Química** se realizará del **17 al 19 de Setiembre de 2008** en **San Miguel de Tucumán**.

Durante el mismo se llevarán a cabo conferencias plenarias y semiplenarias a cargo de reconocidos investigadores nacionales e internacionales. Asimismo está prevista la presentación de trabajos en las modalidades oral o póster, que se agruparán en las siguientes **Secciones**:

- 1-Química Analítica
- 2-Química Inorgánica
- 3-Química Orgánica
- 4-Química Física
- 5-Química Tecnológica
- 6-Química Medicinal
- 7-Química Biológica
- 8-Química Ambiental
- 9-Química de los Alimentos
- 10-Educación en Química

Toda información estará disponible en la página web habilitada para el Congreso la cual será actualizada periódicamente: <http://www.aqa2008.com.ar>

Química - A WIKI on Chemically Related Activity in América Latina

La American Chemical Society ha creado una WIKI para catalizar la formación de comunidades de científicos con intereses en América Latina y para alentar la colaboración internacional y el trabajo en red. Cualquier interesado puede colaborar a la WIKI editando el contenido en forma tal que conduzca a compartir conocimientos e información acerca de actividades relacionadas con la química en la región. Use esta WIKI para compartir ideas, conectarse con colegas y contribuir con información acerca de la química en su país. ¿Listo para comenzar?

Ingresa a <http://quimica.wikispaces.com>

AQA, Asociación Química Argentina - SERVICIO DE INFORMACION EN LINEA (SIL) –

Consultas en Bases de Datos de STN e Internet

A través de STN Internacional, acceso por computadora a más de 200 bases de datos internacionales científicas, tecnológicas y comerciales. Localización de información en Internet.

Búsquedas manuales en el Chemical Abstracts

Además del acceso a través de STN, búsquedas bibliográficas en nuestra colección completa 1907-2003.

Obtención de Documentos en el exterior

Artículos, patentes y otros documentos obtenidos por correo o vía electrónica.

* **Consultas:** Lic. Ricardo Segura 4822-4886 int.28 E- mail: sil@aqa.org.ar



International Congress of Science Education
10 years of the Journal of Science Education
Cartagena, Colombia, 15-18 July 2009

University Antonio Nariño
Journal of Science Education

Post Box (A.A.) 241 241
Bogota, Colombia
Phone/fax (571) 2118069
E-mail : oen85@yahoo.com
www.colciencias.gov.co/rec/cong










International Congress of Science Education
10 years of the Journal of Science Education

Congreso Internacional de Educación en Ciencias Naturales
10 años de la Journal of Science Education

University Antonio Nariño
Journal of Science Education
www.colciencias.gov.co/rec/cong




Journal of Science Education
Revista de Educación en Ciencias ISSN 0124-5481

Cartagena, Colombia, 15-18 July 2009

