

Parte V

Miscelánea

LA QUÍMICA EN LOS CRUCIGRAMAS

Manuel Luis Casalderrey

I.E.S. Sánchez Cantón, Avenida de la Reina Victoria s/n, 36001-Pontevedra
casalde@teleline.es

En el trabajo, realizado con alumnos de cuarto curso de la E.S.O. del Instituto Sánchez Cantón de Pontevedra, se ha utilizado una muestra de 247 crucigramas publicados en cinco periódicos distintos. Las definiciones relacionadas con la Química (660) sólo llegan al 6,00% del total de definiciones (10.988), lo cual representa 2,67 definiciones de Química por crucigrama. El 79% de las definiciones de Química son símbolos de elementos (2,11 símbolos por crucigrama). El resto (21%) corresponden a otras cuestiones relacionadas con la Química. Todavía pueden encontrarse símbolos de elementos inexistentes (masurio, illinio y didimio).

1. INTRODUCCIÓN

El crucigrama es un pasatiempo que consiste en adivinar palabras a partir de sus definiciones o de cualquier otro recurso (refranes, frases hechas, juegos de palabras y referencias directas o indirectas). Las palabras se escriben en un cuadrado (o en otro cuadrilátero) formado por casillas blancas y negras. Las palabras ocupan las casillas blancas y se cruzan vertical y horizontalmente. Las casillas negras sirven para separar las palabras. Tienen dos bloques de definiciones, unas para las horizontales y otro para las verticales.

El primer crucigrama moderno, ideado por Arthur Wyne, un inglés afincado en Estados Unidos, apareció publicado (en diciembre de 1913) en el suplemento dominical del periódico norteamericano *New York World*. Diez años después, la mayoría de los diarios incluyeron crucigramas como una sección fija. Hoy encontramos crucigramas y otras variantes (autodefinidos, dameros malditos, encadenados, etc.) en la práctica totalidad de diarios y revistas. También existen numerosas revistas especializadas en pasatiempos.

En los crucigramas aparecen con frecuencia referencias a la Química, principalmente a símbolos de los elementos químicos.

2. OBJETIVOS

Los objetivos planteados en este trabajo fueron:

1. Obtener datos reales de la presencia de cuestiones relacionadas con la Química en los crucigramas.
2. Acercar el mundo de la Química a los alumnos, a través de una vía poco convencional.

3. Intentar que alumnas y alumnos: aprendan algo de Química, trabajen en equipo, se acostumbren a manejar datos y a organizarlos, sepan vaciar los resultados en tablas y representarlos en gráficas, al mismo tiempo que hacen participar a su familia de esta actividad.
4. Aumentar la motivación y el interés de los alumnos hacia la Química.

3. DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

Participan voluntariamente en la actividad, la práctica totalidad de los alumnos (40) de dos grupos de cuarto curso de la E.S.O., a los que imparto clase de Física y Química tres veces por semana. Han de recortar los crucigramas de periódicos y revistas, pegarlos en hojas de papel, resaltar las definiciones relacionadas con la Química y con la Física, anotar el número total de definiciones de cada crucigrama y el número de ellas que corresponden a Química y a Física. Sólo deben entregar los crucigramas que tengan alguna definición de estas dos materias. En las hojas deben de figurar la fecha y el nombre del periódico o revista.

Se les dio un plazo razonable para la realización y se fijó una fecha de entrega, en la cual se recogieron 1293 entre crucigramas, autodefinidos y demás pasatiempos.

Se dedicaron sesiones de clase a organizarlos con el fin de seleccionar la muestra válida, formada por crucigramas no repetidos y ordenados por fecha de publicación. El trabajo en equipo es esencial en esta etapa y en la siguiente.

Se les facilitaron unas fichas, en las cuales vaciar las informaciones de cada crucigrama, con el fin de realizar posteriormente cálculos y obtener resultados. Algunos voluntarios se llevaron trabajo a casa, al no poder dedicar más sesiones de clase al desarrollo completo de la actividad.

Luego vino un largo proceso de revisión, por mi parte, de toda la labor realizada, con el fin de depurar los resultados de los alumnos. A ellos adjunté los datos obtenidos de crucigramas seleccionados por mí, procedentes de tres periódicos.

Con el fin de poder presentar este trabajo en la fecha prevista, se restringió el estudio a sólo crucigramas de cinco periódicos: La Voz de Galicia, Diario de Pontevedra, Faro de Vigo, El País y ABC. En el primero y en los dos últimos, los resultados proceden de la muestra de los alumnos y de la que yo aporté. El resto de los materiales (crucigramas y autodefinidos) se dejan pendientes de posteriores análisis. El estudio se hace únicamente con las definiciones de Química.

4. MATERIALES PARA LA RECOGIDA DE INFORMACIÓN

Se diseñaron tablas para la recogida de información y vaciado de datos de las muestras válidas. La práctica aconsejó modificarlas a medida que se trabajaba con ellas. Las que se usaron finalmente, son las que se dan en la Tabla 1.

Tabla 1. *Modelo para la recogida de las definiciones de Química y de Física en cada diario o revista*¹.

INSTITUTO "SANCHEZ CANTÓN - PONTEVEDRA SEMINARIO DE FÍSICA Y QUÍMICA					
Física y Química en		Crucigramas	Autodefinidos	otros	
Periódico/Revista				Página nº	
Alumnos/as					
Curso		Nº de definiciones			Definiciones
Nº	Fecha	Total	Química	Física	
Totales					
%					
Def/ crucigrama					

¹ Las tablas usadas tienen mayores dimensiones y disponen de 35 columnas.

5. MUESTRA DE CRUCIGRAMAS

El estudio se realizó sobre una muestra de 247 crucigramas distribuidos de la siguiente manera (Figura 1): La Voz de Galicia (99 crucigramas), Diario de Pontevedra (46 crucigramas), Faro de Vigo (34 crucigramas), El País (31 crucigramas) y ABC (37 crucigramas).

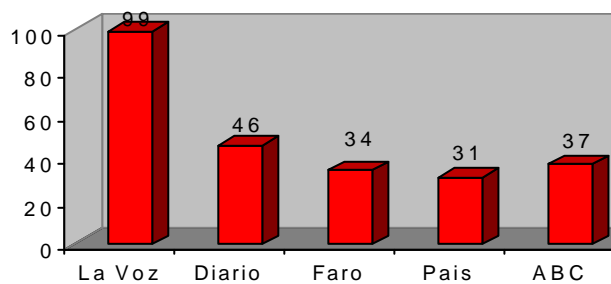


Figura 1. *Distribución de la muestra de crucigramas.*

6. RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos se recogen en la Tabla 2 y en las Figuras 2 y 3.

Tabla 2. *Resultados finales*

Periódico	Número de crucigramas	Definiciones				
		Total		De Química		
		Nº	Def/crucig	Nº	Def/crucig	%
La Voz de Galicia	99	2978	30	167	1,69	5,61
Diario de Pontevedra	46	1838	40	115	2,50	6,26
Faro de Vigo	34	2852	84	182	5,29	6,97
El País	31	1808	58	105	3,39	5,81
ABC (1)	37	1432	39	93	2,51	6,49
Totales	247	10988	44	660	2,67	6,00

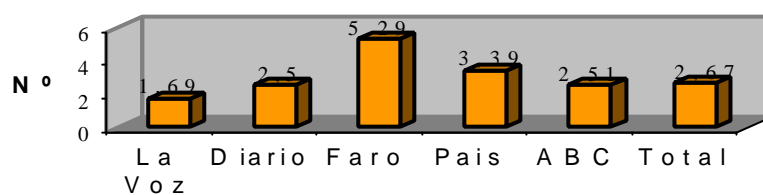


Figura 2. *Número de definiciones de Química por cada crucigrama.*

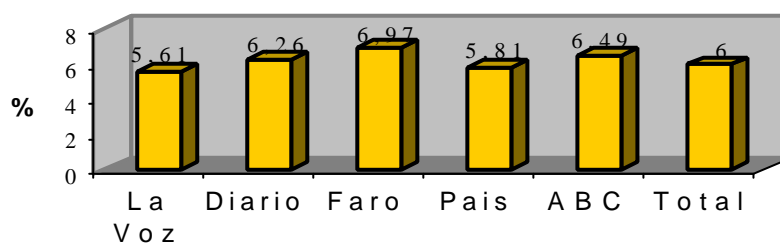


Figura 3. *% de definiciones de Química sobre el total de definiciones.*

La distribución de las definiciones de Química, permite comprobar que predominan las que se refieren a símbolos químicos (79%), como se pone de manifiesto en la Tabla 3 y en las Figuras 4 a 7.

Tabla 3. *Distribución de las definiciones de Química.*

Periódico	Nº de crucigramas	Definiciones de Química						Totales
		Símbolos			Otras definiciones			
		Nº	Símb/cruci	%	Nº	Def/cruci	%	
La Voz de Galicia	99	116	1,97	69	51	0,52	31	167
Diario de Pontevedra	46	104	2,26	90	11	0,24	10	115
Faro de Vigo	34	142	4,18	79	38	1,12	21	180
El País	31	91	2,94	87	14	0,45	13	105
ABC ¹	37	67	1,81	72	26	0,70	28	93
Totales	247	520	2,11	79	140	0,57	21	660

¹ La muestra de ABC está formada por dos tipos de crucigramas distintos, uno blanco con 41 definiciones de media y otro con cuadros negros de 35 definiciones.

7. CONCLUSIONES

A la hora de establecer conclusiones, hay que tener en cuenta que solamente se han recogido crucigramas que tenían alguna definición relacionada con la Química o con la Física. Por lo tanto, los resultados obtenidos, respecto a la presencia de la Química en los crucigramas, todavía serían menores si se usase la muestra completa de crucigramas, incluyendo los que no tienen definiciones de Química o de Física. Aunque no se dan en este trabajo, los datos respecto a las definiciones de Física son notablemente inferiores a los de Química: en el total de los 247 crucigramas sólo hay 194 definiciones que tengan que ver con la Física (0,79 definiciones por crucigrama y 1,77% respecto al total de definiciones). Entre las conclusiones finales, se destacan:

1. Se ha utilizado una muestra de 247 crucigramas de cinco periódicos, en los cuáles había alguna definición relacionada con la Química o con la Física. Tres diarios son gallegos, con distinto ámbito de difusión (La Voz de Galicia, Diario de Pontevedra y Faro de Vigo) y otros dos tienen su sede en Madrid (El País y ABC). El de mayor presencia en la muestra (Figura 1) es La Voz de Galicia con 99 crucigramas.
2. El número de definiciones por crucigrama, oscila entre 30 y 84 (Tabla 2).
3. En el total de la muestra, las definiciones relacionadas con la Química (660) sólo llegan al 6,00% del total de definiciones (10.988), lo cual representa 2,67 definiciones de Química por crucigrama (Tabla 2).

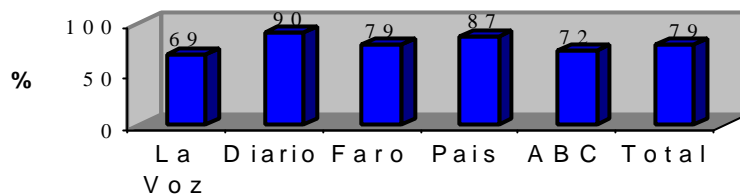


Figura 4. % de los símbolos respecto al total de las definiciones de Química.

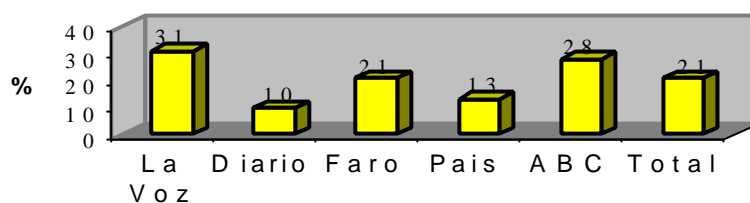


Figura 5. % de otras definiciones de Química respecto al total de definiciones.

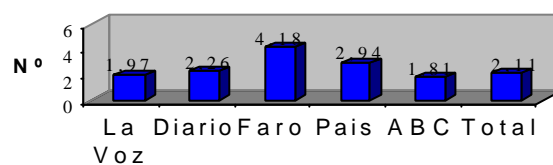


Figura 6. Distribución de símbolos químicos por crucigrama.

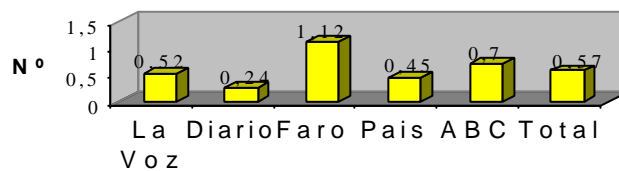


Figura 7. Distribución de otras definiciones de Química por crucigrama.

4. En cuanto al número de definiciones de Química por cada crucigrama (Figura 2), destaca sobre todos Faro de Vigo (5,29), seguido del El País con 3,39 definiciones de Química por crucigrama, siendo de 2,67 el valor para toda la muestra, como ya se ha dicho.

5. El tanto por ciento de definiciones de Química sobre el total de definiciones es bastante similar en los cinco periódicos de la muestra, oscilando los valores entre 5,61 y 6,97 (Figura 3).

6. De las 660 definiciones relacionadas con la Química, 520 son símbolos químicos, lo cual representa un 79% del total de definiciones de Química. El resto (140 definiciones, 21%) son de otra índole (Tabla 3). En algunos crucigramas, se pide símbolo químico, sin identificar al elemento.

7. Los crucigramas con mayor porcentaje de símbolos, respecto al total de definiciones de Química son los publicados en el Diario de Pontevedra (90%) y los de menor porcentaje los de La Voz de Galicia (69%) (Figura 4). La gráfica 5 (% de otras definiciones, distintas de los símbolos) es complementaria de la anterior: el mayor valor (31%) corresponde a La Voz de Galicia y el menor (10%) al Diario de Pontevedra.

8. El mayor número de símbolos por crucigrama (Figura 6) corresponde a Faro de Vigo (4,18) y el menor a ABC (1,81). El mayor número de definiciones, distintas de los símbolos, por crucigrama, corresponde también a Faro de Vigo (1,12) y el menor a Diario de Pontevedra (0,24) (Figura 7).

9. En toda la muestra, el símbolo que más veces se repite es del Oxígeno (22 veces), seguido del Radio (21 veces), del Astato (20 veces), del Sodio (18 veces), del Cobalto (15 veces), etc.

10. Entre las definiciones, se ha encontrado la petición del símbolo del *masurio*, elemento inexistente, que corresponde al Tecnecio, al que, Mendeleiev llamó *eka-manganeso*. El Tecnecio es el primer elemento que se produce de forma artificial y de ahí su nombre (*tekhnetos*-artificial). Fue erróneamente descubierto en varias ocasiones y denominado *ilmenio*, *davio*, *lucio*, *niponio* y *masurio*. El *masurio* y su símbolo (Ma) ocuparon la casilla 43 de la Tabla Periódica (la del Tecnecio) durante varios años.

8. RECOMENDACIONES

A los autores de crucigramas les propongo que sean más creativos a la hora de incluir definiciones de Química.

En el caso de los símbolos, podrían hacer referencia a alguna propiedad o característica del elemento. A título de ejemplo:

- Símbolo del elemento de mayor densidad (osmio).
- Símbolo del elemento que es un auténtico señor (estroncio).
- Símbolo del elemento, cuyo nombre se ha dado en honor del científico que ha establecido la teoría de la relatividad (einstenio).

- Símbolo del elemento químico progenitor del actinio (protactinio).
- Los autores de crucigramas deberían eliminar de sus definiciones los elementos inexistentes o, en todo caso, relacionarlos con los que, en algún momento reemplazaron. También deben de buscar otras referencias, distintas de los símbolos, puesto que la Química está llena de palabras, salpicadas de vocales, que podrían servir perfectamente para la realización de crucigramas. Quizá esa sea una tarea que podría plantearse como continuación de este estudio: hacer una selección de palabras para ponerlas a disposición de los autores de crucigramas.

Así, con este planteamiento, los aficionados a los crucigramas podrían aprender algunas cosas más de la Química, que no que aprenden con los crucigramas actuales.

INTERÉS POR LA QUÍMICA A TRAVÉS DEL MEDIO AMBIENTE

Carmen Orozco Barrenetxea, Antonio Pérez Serrano, M^a Nieves González Delgado

Departamento de Química, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Burgos

Avenida de Cantabria s/n, 09006-Burgos. qporozco@ubu.es

El interés de los alumnos por la Química se acrecienta cuando la ven conectada a un tema tan de actualidad como es el medio ambiente. En este trabajo se expone la relación de diversos temas químicos con conceptos de contaminación ambiental y se hace referencia a una colección de problemas y cuestiones con enunciados medioambientales que hemos elaborado y, a través de los cuales, se repasan conocimientos de Química tales como: Estequiometría, Tipos de sistemas dispersos, Solubilidad, Disoluciones, Gases, Termoquímica, Cinética química, Equilibrio químico, Reacciones orgánicas, Química Nuclear, ...

1. INTRODUCCIÓN

En general, los alumnos de ingeniería sienten mucha más atracción por la materia de Química si la ven relacionada con temas de la vida real y, en concreto, su interés se acrecienta cuando la ven conectada a un tema tan de actualidad y de tanto futuro en su profesión como es la Ingeniería Ambiental. Por ello, y para completar sus, lamentablemente en demasiadas ocasiones, escasos conocimientos de química, el estudio de la Química Ambiental y de los fenómenos de contaminación desde una perspectiva química son altamente interesantes.

El trabajo que presentamos señala cómo se pueden relacionar temas de Química con conceptos medioambientales. En este sentido, se han elaborado problemas y cuestiones con enunciados medioambientales, a los que se hace referencia en la bibliografía, para cuya resolución se recurre a conocimientos químicos sencillos, que cualquier alumno de primeros cursos de estudios técnicos o científicos posee. Con ello se pretende contribuir a subrayar la importancia de la Química en un campo de preocupación social como son los problemas ambientales y a suscitar el interés por la Química en un tipo de alumnos que, en muchas ocasiones, consideran esta materia innecesaria para su formación y futuro profesional.

2. OBJETIVOS

El trabajo que presentamos persigue los siguientes objetivos:

1. Motivar el interés de los alumnos de Ingeniería por la Química.
2. Hacer patente la necesidad de conocimientos químicos en la comprensión y resolución de problemas ambientales.

3. Hacer comprender que muchos de los problemas a los que un ingeniero se enfrenta a lo largo de sus estudios y de su actividad profesional precisan de una base química para su resolución. El carácter multidisciplinar de los problemas ambientales no puede ignorar la faceta química de los mismos.

Para alcanzar estos objetivos, hemos tenido en cuenta diversas consideraciones, entre las que cabría citar:

- La Química es una disciplina que está siendo claramente arrinconada en los planes de formación de los estudiantes de ingeniería. Muchos ingenieros que consideran que no precisan conocimientos de Química, tienen, por el contrario, interés en incrementar su formación en temas ambientales, dado que actualmente las demandas sociales y profesionales en este campo son cada vez más notables.

- Cuando los alumnos se enfrentan por primera vez a estudios de materias relacionadas con el medio ambiente creen que se trata de una disciplina nueva para cuyo conocimiento es preciso adquirir nuevos conceptos y habilidades. Sin embargo, gran parte de la materia puede presentarse como un caso particular de aplicación de conocimientos químicos elementales.

- Los estudiantes de Ciencias prestan mucha mayor atención a los temas si conllevan la realización de problemas numéricos. Además, los problemas son aceptados por los alumnos con mucha mejor disposición si tienen enunciados referentes a la vida real. Por ello, hemos optado por presentar problemas y cuestiones de Química con enunciados de tipo medioambiental, haciendo referencia a situaciones reales, industriales o naturales. También hemos procurado que las magnitudes a manejar sean las habituales en el mundo industrial y natural, pues otra carencia que observamos en el estudio de la Química es que, en demasiadas ocasiones, no se tiene costumbre de emplear para medidas de masa y volumen unidades distintas del g (ó kg) y mL (ó L) respectivamente.

- El razonamiento sobre diversas cuestiones teóricas, referentes a problemas medioambientales, sirve también para reafirmar muchos conocimientos básicos de Química, por lo que creemos de interés la búsqueda y propuesta de ejemplos de preguntas de este tipo.

3. CONTENIDOS DE LA PROPUESTA

Señalamos a continuación cómo temas básicos de Química pueden relacionarse con conceptos y problemas ambientales:

El lenguaje de la Química:

El estudio del lenguaje propio de la Química (formulación y nomenclatura) suele resultar árido, y algunos alumnos lo consideran poco útil. Sin embargo, el manejo de términos como haloformos, CFCs, clorofenoles, etc.; la previsión de una mayor o menor biodegradabilidad en función de la magnitud y naturaleza de los

compuestos orgánicos; la importancia del estado de oxidación de los metales cara a valorar su toxicidad, etc., les parece enormemente importante. Por ello, creemos que el recurso a éstos y otros ejemplos de contaminantes es un medio valioso para suscitar el interés de los alumnos por el particular lenguaje de la Química.

Energía de enlace y energía de ionización:

La constitución de las diferentes capas de la atmósfera terrestre, la absorción de las radiaciones de alta energía procedentes del Sol y la destrucción de la capa de ozono estratosférica, son ejemplos interesantes para incidir en los aspectos energéticos de cualquier disociación o ionización química.

Estequiometría:

Cualquier cálculo básico en medio ambiente referente a temas muy diversos: cantidades de reactivos a adicionar para eliminar ciertos contaminantes contenidos en aguas residuales o emisiones gaseosas; previsiones de posibles emisiones a cualquier medio; previsiones de generación de lodos; composiciones de combustibles y valoración de las emisiones de contaminantes que originarán, etc., se resuelven mediante cálculos estequiométricos.

Estados de agregación y sistemas dispersos:

La forma en que pueden presentarse las diferentes sustancias en el medio natural puede ayudar a reforzar el interés del conocimiento de las fuerzas intermoleculares y los estados de agregación más estables según las condiciones ambientales. El comprender la presencia, en medios líquidos o gaseosos, de diferentes contaminantes, en función, por ejemplo, de la mayor o menor volatilidad, relacionándola con su presión de vapor, permite reforzar conocimientos básicos en Química. Así mismo, la importancia de diferenciar entre los diversos tipos de sistemas dispersos en que pueden presentarse los contaminantes: disoluciones, coloides y suspensiones, la asumen los alumnos perfectamente cuando se ve cómo el tipo de sistema disperso determina el método de tratamiento a que debe ser sometido el medio contaminado.

Solubilidad:

Todos los aspectos referentes a la distribución de contaminantes entre los diferentes medios, en función de su solubilidad o insolubilidad en el agua, solubilidad en tejidos grasos (posibilidades de bioacumulación), absorción en la materia orgánica del suelo, etc., permiten ver la aplicación de conceptos tan fundamentales en Química como la posibilidad de relacionar la solubilidad en los diferentes medios según sean las características de solutos y disolventes.

Expresión de la concentración de disoluciones:

Se pueden proponer innumerables ejemplos de ejercicios con enunciado medioambiental diseñados con el único objetivo de adquirir destreza en la utilización de diferentes unidades para la expresión de la concentración de las disoluciones. Además, los problemas ambientales están especialmente indicados para el empleo de unidades poco frecuentes en otro tipo de situaciones tales como ppm y ppb en aguas o de ppm y mg/m^3 en el aire.

Propiedades coligativas de las disoluciones:

El ejemplo ideal, desde el punto de vista medioambiental, para ilustrar la importancia del conocimiento de las propiedades coligativas, es el cálculo de la presión osmótica que permite determinar la presión mínima que deben soportar las membranas empleadas en los tratamientos de desalinización de aguas.

Manejo de ecuación de estado de gases ideales:

La ecuación de estado de los gases ideales permite interconvertir datos referentes a concentración de contaminantes gaseosos, expresados en uno u otro tipo de las unidades que habitualmente se emplean: unidades volumen/volumen –p.p.m. ó p.p.b.- o unidades masa/volumen (mg/m^3 ó $\mu\text{g/m}^3$). La confusión que en ocasiones se genera por la no coincidencia de datos numéricos, o la existencia de límites legales de emisión e inmisión, referidos a diferentes condiciones de presión y temperatura, se resuelve mediante la aplicación de esta ecuación.

Termoquímica:

El tema de cálculos de calores de reacción y posteriores poderes caloríficos, tiene una gran importancia en los procesos de incineración de residuos o en el uso de diferentes tipos de combustibles. Así mismo, el conocimiento del carácter espontáneo, o no, de determinados procesos naturales o fenómenos causantes de contaminación es de gran interés y puede servir para ilustrar la aplicabilidad de los conocimientos termoquímicos.

Equilibrios gaseosos. Principio de Le Chatelier:

El tema de emisión de óxidos de nitrógeno en las reacciones de combustión es altamente ilustrativo de cómo los equilibrios en fase gaseosa se ven desplazados en un sentido u otro según se trate de procesos exo o endotérmicos y las condiciones en que se lleven a cabo.

Velocidad y mecanismo de reacción:

Las elevadas emisiones de algunos contaminantes, tales como el monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno y azufre, por determinadas fuentes, constituyen un ejemplo interesante de la importancia del mecanismo de reacción y de la velocidad de las diferentes etapas. También en este apartado podríamos señalar situaciones

representativas de la influencia de los catalizadores en la velocidad de reacción, recogiendo ejemplos de catálisis heterogénea, como el recurso habitual a catalizadores duales en los vehículos, o de catálisis homogénea, explicando la actuación de los óxidos de nitrógeno y de los clorofluorocarbonos en la destrucción de la capa de ozono estratosférica.

Equilibrios de oxidación-reducción:

El ajuste de las reacciones de oxidación-reducción resulta más atractivo si las ligamos a conceptos fundamentales en medio ambiente, tales como la necesidad de prevención de fenómenos de corrosión en tuberías o depósitos de agua; la influencia del estado de oxidación de los contaminantes en el tratamiento de residuos peligrosos; los cálculos teóricos de DBO y DQO, por la importancia del conocimiento de estos parámetros en actividades como el dimensionamiento de estaciones depuradoras; etc.

Equilibrios ácido-base en disolución acuosa:

Los cálculos de valores de pH pueden resultar más atractivos a los alumnos si en lugar de proponérseles el cálculo del pH de una disolución determinada se les sugiere que deben calcular, por ejemplo, el pH de un agua residual, la cantidad de base necesaria para su neutralización, o la cantidad de agua de lluvia que podría adquirir la condición de "lluvia ácida" si se contamina con las emisiones de determinada planta de combustión.

Equilibrios de solubilización-precipitación y complejación:

Los equilibrios de precipitación-solubilización son un tema que, en general, no tienen una buena acogida entre los estudiantes. Sin embargo, son básicos para conocer las cantidades de reactivos a añadir cuando se trata de eliminar agentes contaminantes que están en disolución en determinadas aguas y calcular la concentración residual de contaminante en la misma, una vez procedido a su remoción por precipitación. Este tema puede ilustrarse mediante innumerables ejemplos, tomados de la actividad cotidiana, en materia de tratamiento terciario de aguas residuales urbanas e industriales. Así mismo, el conocimiento de la naturaleza agresiva o incrustante de un agua, la contaminación por metales pesados por su presencia en aguas residuales o por redisolución de sedimentos, son temas que, en última instancia, se reducen a conocimientos de este tipo de equilibrios.

Reacciones orgánicas:

En medio ambiente, las reacciones de los compuestos orgánicos adquieren una importancia enorme y podemos buscar numerosos ejemplos que induzcan a los alumnos a incrementar su interés por el conocimiento de esta rama de la Química. Así, los procesos de biodegradación de muchos compuestos orgánicos (podríamos escoger como ejemplo los surfactantes de los detergentes) constituyen un modelo altamente ilustrativo de cómo transcurren las β -oxidaciones de los compuestos orgánicos; la

formación de oxidantes fotoquímicos en la troposfera (componentes fundamentales del *smog* seco) son reacciones homolíticas; la formación de dioxinas y furanos en la incineración de organohalogenados son exponentes de diferentes reordenaciones; entre otros.

Química nuclear:

La presencia en cualquier medio de isótopos radioactivos, y la necesidad de que las radiaciones globales α , β y γ se mantengan por debajo de determinados valores, así como la particular gestión a que se deben someter los residuos radiactivos de alta o baja actividad, permiten incidir en la importancia de la Química nuclear. La buena comprensión de conceptos tales como velocidad de desintegración, actividad, dosis absorbida y daño biológico, son esenciales para entender el peligro de la radiactividad en el medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

1. B.J. Alloway y D.C. Ayres, *Chemical Principles of Environmental Pollution*, Ed. Blackie Academic & Professional, Londres (1997).
2. N. Colin Baird, *Química Ambiental*, Ed. Reverté S.A., Barcelona (2002).
3. D.W. Connell, *Basic concepts of environmental chemistry*, Ed. Lewis Publishers, Florida (2000).
4. T.R. Dickson, *Química. Enfoque ecológico*, Ed. Limusa, México (1980).
5. X. Doménech, *Química ambiental: el impacto ambiental de los residuos*, Ed. Miragüano, Madrid (1993).
6. S.E. Manahan, *Environmental Chemistry*, Ed. Lewis Publishers, Florida (2000).
7. C. Orozco Barrenetxea, A. Pérez Serrano, M.N. González Delgado, F.J. Rodríguez Vidal, J.M. Alfayate Marcos, *Contaminación Ambiental: Una visión desde la Química*, Ed. Thomson, Madrid (2003).
8. C. Orozco Barrenetxea, M.N. González Delgado, J.M. Alfayate Marcos, A. Pérez Serrano, F.J. Rodríguez Vidal, *Contaminación Ambiental: Cuestiones y problemas resueltos*, Ed. Thomson, Madrid (2003).
9. C.N. Sawyer, P.L. McCarty, G.F. Parkin, *Química para Ingeniería Ambiental*, Ed. McGraw Hill, Colombia (2001).
10. G.W. Van Loon y S.J. Duffy, *Environmental chemistry a global perspective*, Ed. Oxford University Press, Oxford (2000).
11. T.F. Yen, *Environmental chemistry (Essentials of chemistry for engineering practice)*, Ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J. (1999).

EL REACTIVO LIMITANTE: DE LO COTIDIANO AL RIGOR CIENTÍFICO

Graciela E. Müller Carrera, Teresa Unda Carbott, Mercedes G. Llano Lomas

Departamento de Química Inorgánica y Nuclear, Facultad de Química
Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Interior, Edificio B
Ciudad Universitaria, 04510-México D.F. muller@servidor.unam.mx

En la actualidad, se hace indispensable impartir el conocimiento por métodos modernos, previamente evaluados en su eficacia y relacionados con el entorno en que vivimos, mediante los cuales el estudiante encuentre el gusto de “descubrir”, por sí mismo y en colaboración con sus maestros y compañeros, que la ciencia no es tan lejana e intangible como parece. En el presente trabajo se presentan los recursos didácticos con que se presenta al alumno el concepto de reactivo limitante, iniciando con un tratamiento analógico cercano al entorno del estudiante. Posteriormente, se procede mediante ejemplos de fenómenos químicos que suceden en su entorno, además de un trabajo experimental riguroso y sistematizado; para, finalmente, desarrollar un tratamiento matemático que le permita manejar adecuadamente el concepto.

1. INTRODUCCIÓN

Una de las materias que difícilmente llega a entusiasmar a los estudiantes del nivel medio es la Química, nivel donde, por otra parte, comienza a estudiarse esta materia por primera vez. Este hecho repercute negativamente en los siguientes niveles escolares y trae como consecuencia una matrícula baja en la carrera de Química y áreas afines. Ante este hecho, en México se han modificado sustancialmente los programas, tanto de nivel medio como medio superior, tratando de “estructurarlos de tal manera que sea posible integrar contenidos actuales del campo de la Química y la Tecnología que de ella se deriva; promoviendo en todos los cursos un enfoque que permita integrar en el estudio de la materia, las relaciones Hombre-Ciencia-Naturaleza” (1).

La historia de la Ciencia muestra que conocimiento científico y conocimiento común están íntimamente relacionados. Es por ello que uno de nuestros objetivos es que el estudiante descubra que la Ciencia es algo que tiene que ver cotidianamente con su vida y desarrolle actitudes científicas.

2. GENERALIDADES

El reactivo limitante se puede definir como el reactivo que se encuentra en menor proporción en moles que la que señala la proporción estequiométrica, de tal

forma que, cuando el reactivo se acaba, la reacción se detiene y con esto limita o controla la cantidad máxima de producto que se puede obtener (2). Es un concepto de reciente aparición en los libros de texto (15-20 años) y que, con base en las técnicas de análisis de los Procesos Evolutivos de la Creatividad (PEC), de José Huerta *et al.* (3), presenta muy poco cambio en su evolución histórica (5).

3. METODOLOGÍA

La metodología utilizada en la presentación del tema incluye los siguientes aspectos:

3.1. El uso de analogías del entorno cotidiano

Existen infinidad de ejemplos para relacionar el reactivo limitante con hechos cotidianos a través de analogías:

- Número de autos que se pueden construir considerando el número de elementos que lo componen y la disponibilidad de cada uno de ellos.
- Elaboración de alimentos con proporciones definidas de ingredientes que permiten identificar cuál de ellos limita el número de comensales, o bien el número de unidades que se pueden preparar con estos ingredientes (hamburguesas, sándwiches, pasteles, platos de paella, etc.) (5).
- Número de parejas de baile que se pueden formar con un número determinado de hombres y mujeres (6).
- Número de folletos con hojas de diferentes colores que se puedan encuadernar identificando el color que limita el número de folletos.
- Uso de juguetes de ensamble que permiten construir entidades con diferentes proporciones de acuerdo a color, tamaño u otras especificaciones (7).
- Uso de piezas cerámicas con diferentes colores y diseños que permite diferentes arreglos geométricos de gran atractivo visual.

Este último nos ha resultado especialmente atractivo para los alumnos, que realizan infinidad de combinaciones con las piezas que se les proporcionan y logran identificar el número de entidades que es posible obtener, a partir de un número determinado de piezas diferentes.

3.2. Experiencias de cátedra para identificación del reactivo limitante en procesos químicos

En este segundo paso, se eligieron una serie de reacciones que permiten reflexionar sobre el concepto e identificarlo en cada caso:

- El típico caso de la combustión de cerillas en un exceso de oxígeno.
- La combustión de una vela en un recipiente cerrado en que la cantidad de oxígeno está restringida y limita la reacción.

- La producción de oxígeno por la descomposición del agua oxigenada en presencia de un catalizador, que está limitada por la cantidad de peróxido presente. Esta demostración se hace utilizando probetas con cantidades variables del reactivo y adicionando un cristal de permanganato de potasio y un jabón líquido que haga más atractiva la reacción.

- La producción de diferentes volúmenes de hidrógeno al colocar iguales cantidades de cinc con diferentes cantidades de ácido. Esta experiencia se acompaña con la comprobación de la presencia de hidrógeno mediante una punta en ignición. Se plantea cuál es reactivo limitante en cada caso considerando que siempre queda cinc en exceso y se extrapola al caso del dirigible *Hindenburg* proyectándoles el video de este terrible desastre.

- La obtención de ozono, pasando una descarga a un flujo constante de oxígeno. La cantidad de ozono dependerá del tiempo de exposición de la descarga y puede comprobarse su presencia al hacerlo reaccionar con yoduro de potasio. La cantidad de ozono limitará la cantidad de yodo obtenido, lo cual resulta apreciable por su intensidad de color.

- La reacción entre el sulfato de cobre y el cinc nos permite apreciar en qué momento el reactivo limitante es el cinc y cómo, a la desaparición del color azul, el sulfato se convierte en el reactivo limitante.

- Precipitación de diferentes cantidades de un producto, haciendo variar las cantidades de los reactivos involucrados.

- La producción de gas que se desprende cuando ponemos cantidades iguales de bicarbonato diferentes números de gotas de limón. El gas que se produce se observa, ya que se adapta a cada recipiente un globo que se expande por acción del gas.

En esta parte de la metodología se pretende que asocien los diferentes tipos de reacciones, aplicando el concepto de reactivo limitante y, posteriormente, se comparan con situaciones análogas cotidianas (ver Tabla 1):

Tabla 1. *Analogías para aplicar conceptos químicos.*

<i>Análogo</i>	<i>Tópico</i>
Pan, jitomate, rebanadas de queso, etc.	Reactivos químicos.
Ingrediente en menor proporción.	Reactivo limitante.
Proporción en que entran los ingredientes.	Proporción estequiométrica.
Elaboración de hamburguesas.	Reacción química.
Hamburguesas elaboradas.	Productos químicos.

Este paso no es trivial en el alumno, ya que requiere de una plataforma de conocimientos básicos referentes a la representación de las reacciones químicas

mediante ecuaciones, el balanceo (ajuste) de las mismas, el uso de las leyes ponderales y, primordialmente nociones de estructura de la materia y el concepto de mol.

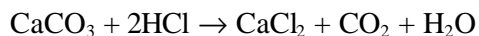
3.3. Trabajo en el laboratorio sobre la base de planteamiento de problemas experimentales

Desde 1991, la Facultad de Química de la U.N.A.M. estableció las premisas de la Enseñanza Experimental (8,9,10), en las que se define el papel a desempeñar por cada uno de los elementos integrantes del proceso de enseñanza-aprendizaje y la necesidad de seleccionar, en cada asignatura, aquellos conceptos que deben aprenderse mediante la experimentación, seleccionando así el reactivo limitante. Como consecuencia de ello, se hizo un estudio que implicó la investigación de los diferentes métodos propuestos en la bibliografía para abordar experimentalmente el tema, el desarrollo experimental para determinar las condiciones óptimas de operación, la aplicación de un guión de Química general a estudiantes, el análisis de resultados obtenidos, y una evaluación interna.

El guión se diseñó sobre la base de las siguientes cuestiones: que el alumno descubra por sí mismo, a través de la resolución de un problema, el objetivo preciso del conocimiento; que los fenómenos se muestren en forma natural al estudiante, mediante el adecuado control de las variables involucradas; y que el estudiante relacione en sus justos términos, a la realidad concreta, con su representación en términos de leyes o modelos (11,12,13).

En principio se optó por un método gravimétrico que permita observar directamente las variaciones en las cantidades de precipitado obtenido manteniendo fijo un reactivo y variando las cantidades del otro, y estableciendo con precisión el punto estequiométrico. Se probaron diferentes reactivos, evaluando su cuantitividad, la dificultad en el manejo de precipitados y algunos otros parámetros. Algunas de las alternativas de reactivos ensayadas fueron: Carbonato de sodio + ácido clorhídrico; Cromato de potasio + nitrato de plomo; Nitrato de plomo + yoduro de potasio; Cloruro de bario + sulfato de sodio; Sal de Mohr + ácido oxálico; entre otras.

Para el primer caso, se hizo reaccionar una cantidad constante de carbonato de calcio con diferentes volúmenes de ácido clorhídrico 2M. La reacción que se llevó a cabo es la siguiente:



Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2.

Utilizando la estequiometría de la reacción y la ecuación general del estado gaseoso se calculan las moles y los volúmenes de CO_2 . El reactivo limitante será, en los primeros tubos, el ácido clorhídrico y, en los últimos tubos, el carbonato de calcio, encontrando en el tubo 6 el punto de equivalencia. Al construir una gráfica de moles de HCl vs. moles de sólido que reaccionó se observa el punto de equivalencia (Fig. 1).

Tabla 2. Resultados obtenidos en la reacción de CaCO_3 con HCl .

Tubo	Masa de CaCO_3 (g)	Masa sin reaccionar	Masa que reaccionó	Moles que reaccionaron	mL HCl	Moles HCl	Moles CO_2	mL CO_2
1	1	1.0	0	0	0	0	0	0
2	1	0.8	0.2	0.002	2	4×10^{-3}	0.002	44.8
3	1	0.6	0.4	0.004	4	8×10^{-3}	0.004	89.6
4	1	0.4	0.6	0.006	6	1.2×10^{-2}	0.006	134.4
5	1	0.2	0.8	0.008	8	1.6×10^{-2}	0.008	179.2
6	1	0	1.0	0.01	10	2×10^{-2}	0.01	224
7	1	0	1.0	0.01	12	2.4×10^{-2}	0.01	224
8	1	0	1.0	0.01	14	2.8×10^{-2}	0.01	224
9	1	0	1.0	0.01	16	3.2×10^{-2}	0.01	224
10	1	0	1.0	0.01	18	3.6×10^{-2}	0.01	224

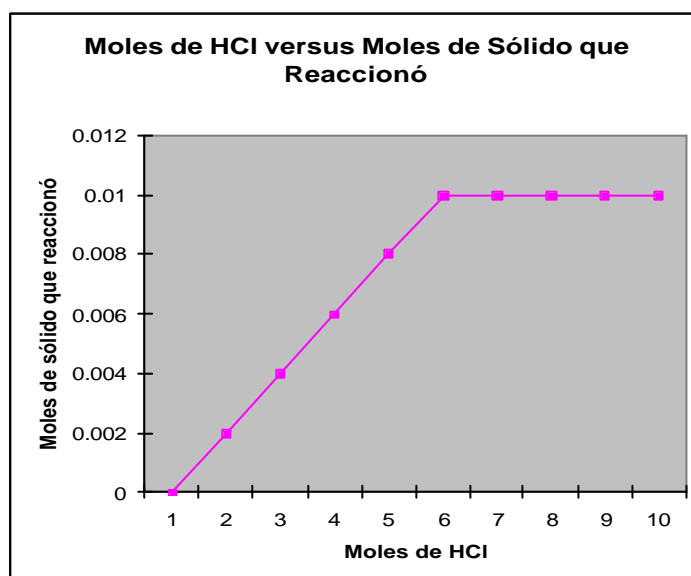
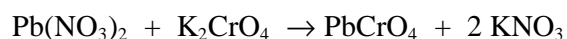


Figura 1. Masa de CaCO_3 que reacciona, en función de los moles de HCl .

Para el segundo caso, la reacción que tiene lugar entre el nitrato de plomo y cromato de potasio (14):



Se trabajan ambos reactivos en diferentes proporciones y se determina la cantidad de masa de cromato en cada uno de los casos. A partir de éstos se hacen los

cálculos necesarios para conocer el reactivo limitante y el punto de equivalencia en la reacción. Si el reactivo A (nitrato de plomo) permanece constante el reactivo B (cromato de potasio) va aumentando.

Tabla 2. Resultados obtenidos en la reacción de $Pb(NO_3)_2$ 1,0 M (reactivo A) y K_2CrO_4 0,1 M (reactivo B).

Nº.	Reactivo A (mL)	Moles A	Reactivo B (mL)	Moles B	Producto (g) $PbCrO_4$	Moles
1	35	3.5×10^{-3}	1	1×10^{-4}	0.0323	1×10^{-4}
2	35	3.5×10^{-3}	5	5×10^{-4}	0.1616	5×10^{-4}
3	35	3.5×10^{-3}	10	1×10^{-3}	0.3232	1×10^{-3}
4	35	3.5×10^{-3}	15	1.5×10^{-3}	0.4848	1.5×10^{-3}
5	35	3.5×10^{-3}	20	2×10^{-3}	0.6464	2×10^{-3}
6	35	3.5×10^{-3}	25	2.5×10^{-3}	0.8080	2.5×10^{-3}
7	35	3.5×10^{-3}	30	3×10^{-3}	0.9716	3×10^{-3}
8	35	3.5×10^{-3}	35	3.5×10^{-3}	1.1312	3.5×10^{-3}
9	35	3.5×10^{-3}	40	4×10^{-3}	1.1312	3.5×10^{-3}
10	35	3.5×10^{-3}	45	4.5×10^{-3}	1.1312	3.5×10^{-3}

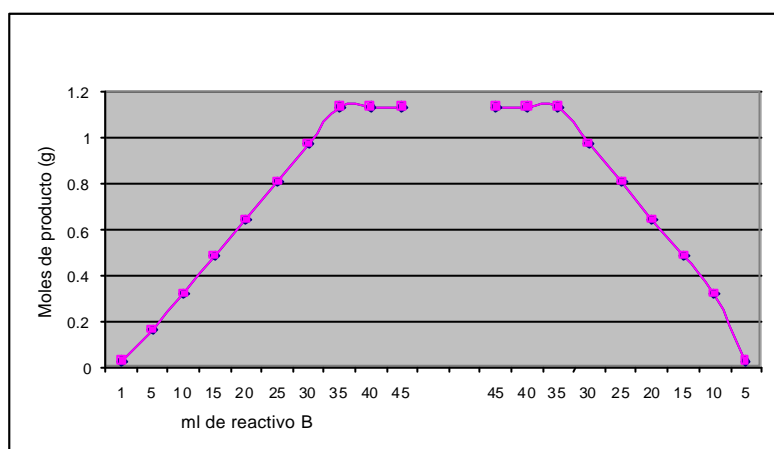


Figura 2. Representación gráfica de los resultados expuestos en la Tabla 2.

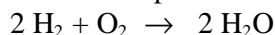
Si el reactivo B (cromato de potasio) permanece constante y el reactivo A (nitrato de plomo) va aumentando se obtiene una gráfica similar. El análisis gráfico le permite al alumno inferir, a través del trabajo experimental, el concepto de reactivo limitante en cada uno de los casos presentados, siempre y cuando éste se haya

realizado en las condiciones adecuadas. En esta parte del proceso también se hace referencia a las analogías, solicitándole al alumno las gráficas correspondientes.

3.4. Sistematización de datos experimentales y planteamiento matemático de resolución de problemas

El tratamiento de la determinación del reactivo limitante, en la mayoría de los textos, supone que uno de los reactivos es limitante y determina si se cuenta con la cantidad suficiente del otro reactivo, al que se supuso es el reactivo limitante. Si se consume totalmente, la hipótesis original era correcta, si no se consume, es necesario suponer que otro reactivo es el limitante y probar nuevamente la hipótesis.

• Ejemplo: Se tiene una mezcla de 10 moles de hidrógeno y 7 moles de oxígeno que la hacemos reaccionar para obtener agua, según la reacción:



Dado que 2 moles de hidrógeno necesitan 1 mol de oxígeno, el número de moles de oxígeno que se necesitan para reaccionar con todo el hidrógeno son:

$$\text{Moles de O}_2 = (10 \text{ moles de H}_2) \cdot (1 \text{ mol de O}_2 / 2 \text{ moles H}_2) = 5 \text{ moles de O}_2$$

Este método es aceptable en ecuaciones con coeficientes estequiométricos sencillos, sin embargo, desde el punto de vista didáctico, es conveniente utilizar un procedimiento más sistematizado y se propone el siguiente ejemplo:

• Si se tiene la ecuación: $aA + bB \rightarrow cC$
 y el número de moles iniciales es: $X \quad Y$
 Si $X/a > Y/b \Rightarrow B$ es el reactivo limitante.
 Si $X/a < Y/b \Rightarrow A$ es el reactivo limitante.

Una vez establecido cuál es el reactivo limitante se procede a verter en una tabla los datos tanto de las analogías como los experimentales (ver Tabla 3):

Tabla 3. Valores estequiométricos obtenidos.

Cantidad de sustancia (moles)	Ecuación química ajustada:				
	CaCO_3	$+ 2\text{HCl}$	\rightarrow	CaCl_2	$+ \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
Se ponen a reaccionar	$1 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$			
Reaccionan	$2 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$			
Permanecen y se forman	$8 \cdot 10^{-3}$	0		$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3} \quad 2 \cdot 10^{-3}$

4. CONCLUSIONES

La secuencia propuesta permite una comprensión adecuada del reactivo limitante, que parte de analogías de la vida cotidiana como primeras aproximaciones al modelo pero que, después de un proceso que va de lo concreto a lo abstracto, conlleva un tratamiento cuantitativo que involucra un gran número de conceptos previos, derivados de los mapas conceptuales de la asignatura.

Se considera importante subrayar que, aunque las analogías son didácticas y atractivas para los alumnos que son capaces de dar un sinnúmero de ejemplos, la realidad es que, en el momento de pasar a un tratamiento más riguroso, se dificulta el manejo del concepto por la falta de habilidades matemáticas que es indispensable desarrollar, aplicando el tratamiento de sistematización de datos a los ejemplos cotidianos.

Finalmente, cabe señalar que todo proyecto de enseñanza debe ser evaluado a través de métodos estadísticos adecuados que permitan apreciar su eficacia y pertinencia.

BIBLIOGRAFÍA

1. Colegio de Ciencia y Humanidades, *Ciclo Bachillerato: Programa de Estudios para las asignaturas de Química I y II* (1996).
2. R. Chang, *Química*, 6ª Ed., Ed. Mc Graw Hill (1998).
3. I.J. Huerta, *Parámetros del cambio y aprendizaje por descubrimiento*, Proyecto de investigación CD 704392, Universidad Nacional Autónoma de México (1993).
4. G. Müller, *et al.*, *ALDEQ*, **1994**, Vol. 5, 253-260.
5. T. Brown, *La Ciencia Experimental*, 7ª Ed., Prentice Hall, 94-97.
6. T. Zoltán, *J. Chem. Educ.*, **1999**, Vol. 76, 934.
7. J. Spencer, *Química. Estructura y dinámica*, 1ª Ed., Ed. Cecsca (2000).
8. M. Llano, G. Müller, *ALDEQ*, **1996**, Vol. 7, 326-331.
9. M. Llano, M. Hernández, T. Miklos, G. Müller, *ALDEQ*, **1997**, Vol. 9, 200-206.
10. Llano, M. Hernández, T. Miklos, G. Müller, *Revista de Educación Química*, **1988**, Vol. 9, nº. 1, 28-33.
11. *Reforma de la Enseñanza Experimental: Guiones para Química General*, 4ª Ed., Ed. Facultad de Química de la U.N.A.M. (2002).
12. G.A. Niemoth-Anderson, D. Dormedy, M. Llano, *et al.*, *ALDEQ*, **1998**, Vol. 10, 185-190.
13. G.A. Niemoth-Anderson, D. Dormedy, M. Llano, *et al.*, *ALDEQ*, **1999**, Vol. 11, 301-310.
14. UNESCO- IUPAC, *Manual de Experimento Químicos*, Tomo 3 (1977).

EXPERIENCIAS EN LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA A GRUPOS INDIGENAS PARA LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE TOCADOR Y ALIMENTOS

*Santiago Filardo Kerstupp, Armida Zúñiga Estrada, Rosalía Cruz Martínez,
Elda J. Almazán Hernández, Eva M. Santos López, Fernando Díaz-Sánchez*
Centro de Investigaciones Químicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Ciudad Universitaria, Pachuca, Hidalgo, 42070-México
filardok@uaeh.reduaeh.mx

El alto Mezquital en el Estado de Hidalgo (México) es una región rica en recursos naturales, potencialmente útiles, en la que habitan las comunidades indígenas Hña-Hñus. A petición de ellos, se puso en marcha un proyecto para transmitir la tecnología o conocimiento para la elaboración de diferentes productos, así como la implantación de conceptos de calidad, tendientes a mejorar su economía y, con ellos, su calidad de vida. Durante el desarrollo del proyecto, el grupo de investigación se enfrentó al problema de transmitir una gran variedad de conceptos técnicos de manera sencilla y en el ámbito cultural propio de la región.

1. PLANTEAMIENTO

En los municipios de Ixmiquilpán y El Cardonal, pertenecientes al Estado de Hidalgo (México), se eleva un árido y calcáreo macizo montañoso, fragmentado por hondas barrancas, conocido como el Alto Mezquital, donde impera un clima seco extremo, con temperaturas máxima y mínima de 25 y 3 °C, respectivamente, cuya precipitación pluvial media anual es de 360 milímetros entre junio y septiembre; el suelo es pobre, con deficiencia de material orgánico y ligeramente alcalino; no cuenta con sistemas de riego y su acceso es a través de caminos escabrosos y polvorientos; la flora del Alto Mezquital está formada por diversas asociaciones vegetales.

El Alto Mezquital es una zona rica en recursos naturales potencialmente útiles, pero que no han sido aprovechados plenamente por los nativos de la región por carecer de información, capacitación, asesoría y tecnología aplicable a sus condiciones ambientales y socioeconómicas. Los escasos productos que tradicionalmente obtienen de una manera rudimentaria y artesanal, carecen de valor agregado y sólo se distribuyen en mercados locales por carecer de un control de calidad estricto y de una presentación adecuada. Por ello, su comercialización es muy limitada, lo cual se traduce en la obtención de ingresos económicos muy bajos, que apenas son suficientes para el sustento familiar. Paralelamente, han existido otros problemas, como la falta de organización para el desarrollo de sus proyectos, llevándolos al fracaso en sus intentos. Inmersos en esta problemática tecnológica y organizacional, no había sido posible el aprovechamiento integral de los recursos naturales que conllevara

beneficios económicos importantes, lo cual limitaba el arraigo de sus habitantes en sus comunidades, al verse obligados a emigrar a otros Estados y a otros países.

En este entorno habita el pueblo Hña-Hñu, organizado en pequeñas comunidades. Desde tiempos remotos, gran parte de la economía Hña-Hñu se ha basado en la utilización de la *lechuguilla*, que es sometida a un proceso rústico de tallado de sus hojas, obteniendo como subproductos la fibra del ixtle y el xithé. En diciembre de 1995, los lechuquilleros del Alto Mezquital Sociedad de Solidaridad Social (LAMSSS) y del Enlace Rural Regional A.C. (ERRAC) se entrevistaron con autoridades de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, solicitando apoyo para la realización de actividades tendentes a la mejora social de estos grupos marginados, integrándose un grupo de trabajo multidisciplinario e interinstitucional con el Centro de Investigaciones Químicas de la Universidad.

El planteamiento consistió en unir esfuerzos para el mejor aprovechamiento de los recursos naturales propios del Alto Mezquital, en el marco de desarrollo y transferencia de tecnología para la implantación de agroindustrias ligeras que permitieran incluir el valor agregado a la producción campesina y ofrecer productos de impacto en el mercado. Así, se plantearon proyectos para el aprovechamiento racional de la lechuguilla, continuando con la sávila, sangre de drago y nopal. Por tales razones, y en un marco de respeto a su identidad y origen pluricultural, en este trabajo se involucró a los indígenas Hña-Hñus del Alto Mezquital en el aprovechamiento racional de los recursos naturales propios de su región, mediante la aplicación de tecnología a su alcance, manejada por ellos mismos, y dentro de su propio entorno, aprovechando las materias primas de origen natural para la elaboración de productos de tocador, limpieza y mermeladas, con calidad suficiente para competir en mercados nacionales e internacionales, que finalmente les permitiese incrementar sus ingresos y mejorar sus condiciones de vida.

Al poner en marcha el proyecto, en su parte de transmitir la tecnología o conocimiento para la elaboración de los diferentes productos así como la implantación de conceptos de calidad, el grupo de investigación se enfrentó al problema de transmitir una gran variedad de conceptos técnicos de manera sencilla y en el ámbito cultural propio de la región, tarea nada fácil si se toma en cuenta que la meta era organizar una empresa productiva de calidad competitiva. Este proceso de transferencia de conocimiento implicó diferentes fases, como la asistencia de los grupos indígenas a los talleres de la Universidad, para los aspectos técnicos propios del producto, o el desplazamiento del grupo de investigación a las comunidades para la implantación del proceso productivo. En todo este proceso, un factor importante para el éxito global del proyecto lo constituyó la capacidad de transmitir estos saberes a personas con conocimientos empíricos, pero alejadas de los conceptos técnicos específicos. Cabe mencionar que, al final de todo este proceso, el resultado es que actualmente las comunidades indígenas Hña-Hñus son capaces de elaborar productos de tocador, limpieza y mermeladas, con calidad suficiente para competir en los mercados nacionales e internacionales, como resultado de la capacitación y

transferencia de tecnología que se generó mediante la vinculación de la Universidad con estos grupos.

El Objetivo general era transferir a las comunidades indígenas Hña-hñus del Alto Mezquital la tecnología de elaboración de productos de tocador, limpieza y mermeladas del fruto del nopal (tuna), con la finalidad de dar valor añadido a sus productos, lo que permitirá la comercialización de los mismos y la obtención de ingresos económicos. Para esto, la metodología inicial fue transferir la tecnología para la elaboración de tales productos, mediante capacitación a nivel laboratorio y, posteriormente, en los talleres de producción, a los grupos indígenas. Para esto se realizó lo siguiente:

- Capacitación de los representantes de cada comunidad a nivel laboratorio.
- Capacitación a los integrantes de cada taller de producción en sus respectivas comunidades.

Para el caso del control y aseguramiento de la calidad en los productos el proceso de transferencia de conocimiento comprendió los siguientes aspectos:

- A nivel laboratorio: dirigida tanto a los representantes como a los miembros de las comunidades participantes.
- Realizada en los talleres de producción de cada una de las seis comunidades.

En estas etapas, se realizó la celebración del Primer Encuentro de Calidad de productos de tocador, limpieza y artesanía elaborados por los Hña-Hñus del Alto Mezquital, que comenzó con la exposición de una conferencia de inducción a la calidad, propiciando la participación activa de todos los indígenas provenientes de los talleres de producción participantes. Posteriormente, se establecieron mesas de trabajo en las cuales se vertieron sus experiencias sobre los puntos más importantes en el proceso y los problemas a que se enfrentaron durante la elaboración de los productos, a fin de detectar los puntos del proceso donde deben poner mayor cuidado.

2. RESULTADOS

Las características físicas y químicas de las plantas seleccionadas permitieron el desarrollo de las fórmulas y los procesos de obtención de los siguientes productos de tocador y limpieza:

- Polvo para lavar loza a base de xithé.
- Detergente para lavar ropa a base de xithé.
- Champú para uso humano a base de xithé.
- Champú para uso humano a base de sávila.
- Champú para uso humano a base de sangre de drago.
- Crema hidratante limpiadora a base de sávila.

Cabe hacer notar que en esta etapa del proyecto fue muy importante considerar que la tecnología debía ser adaptable a las precarias condiciones existentes en las comunidades indígenas.

También fue necesario detectar y solucionar los problemas, tanto internos como externos, de las organizaciones, por lo que se plantearon y ejecutaron las siguientes acciones:

- Se formó la estructura organizacional de la Sociedad, con el fin de deslindar funciones y responsabilidades.

- Se presentaron políticas para trabajar y así poder llevar un control interno, de acuerdo a sus funciones asignadas.

Hay que señalar que el champú ha comenzado a exportarse a Francia, donde ha sido bien recibido, por lo que se han exportado diez envíos de 30.000 litros de champú cada uno.

3. CONCLUSIONES

Al hacer el análisis de toda la situación de la transferencia de tecnología se observa que, a la fecha, se han desarrollado diversos productos que han sido bien recibidos por los consumidores locales, de otras ciudades del país y de otros países, lo cual empieza a constituir un elemento importante en la economía Hña-Hñu.

Los grupos indígenas participantes en este proyecto se encuentran capacitados para operar sus propios talleres, obteniendo productos de tocador, limpieza y mermeladas, a partir de las plantas regionales que cumplen con los requisitos de calidad que exige, tanto la legislación vigente como el propio consumidor, y son competitivos en los mercados locales, nacionales e internacionales. Para ello cuentan con el fortalecimiento de sus talleres y el control y aseguramiento de la calidad de sus productos, a través de la asesoría de los investigadores de la Universidad.

Siguiendo este modelo otros productores han desarrollado este tipo de productos en el Valle del Mezquital.

De esta manera, se ha logrado aprovechar y conservar las propiedades naturales de las plantas como base para el desarrollo de productos y procesos innovadores, cuyo impacto ha rebasado los aspectos estrictamente tecnológicos, para incidir fuertemente en los aspectos ambientales y sociales. Dicha situación conlleva a la formación e integración de núcleos de desarrollo económico complementario a la economía de las comunidades indígenas Hña-Hñu del Alto Mezquital, fomentando la integración y desarrollo social de las familias participantes, logrando además un mayor bienestar social y arraigo en las comunidades; todo gracias a conseguir poner los conocimientos científicos en palabras llanas y sencillas.

SELECCIÓN Y PRESENTACIÓN DE REFERENCIAS A LA VIDA COTIDIANA EN LA PREPARACIÓN DE UN TEXTO DE QUÍMICA

Liliana Mammino

Department of Chemistry, University of Venda
P/bag X5050, Thohoyandou 0950, South Africa. liliana@univen.ac.za

Un libro de texto es una herramienta que tiene que facilitar todos los objetivos pedagógicos de un curso. La identificación de los objetivos determina la forma en que se presenta el contenido. La integración entre la escuela y la vida cotidiana es uno de estos objetivos. Se presentan aquí las líneas guías y las opciones principales, desarrolladas a tal efecto, en la preparación de un libro de Química para la escuela secundaria. El desarrollo se basó en una recolección sistemática de informaciones acerca de las imágenes mentales, percepciones y dificultades de los alumnos.

1. INTRODUCCIÓN

La vida cotidiana y la escuela son las dos “realidades” dominantes para el alumno y es fundamental que pueda percibir el máximo de relaciones y contactos entre ellas, para que su “mundo” no tenga dicotomías. Esto implica desarrollar la percepción de que la escuela es el lugar donde se aprenden “cosas” de manera más intensiva y sistemática, pero las cosas aprendidas no están aisladas del mundo que se encuentra fuera de la escuela, sino que son expresiones de lo que conocemos acerca de este mismo mundo.

Las Ciencias constituyen un área con características y exigencias propias para lo que concierne la integración del “mundo” de la escuela con la vida cotidiana: la vida cotidiana ofrece una variedad enorme de informaciones experimentales, mientras la escuela ofrece las herramientas para investigarlas e interpretarlas. La Química es una Ciencia donde estos aspectos se manifiestan de manera particularmente evidente, sea en términos de interpretación de acontecimientos naturales, sea por su rol en proporcionar una variedad de productos. Eso dispone todos los presupuestos para que sea una Ciencia fascinante y atrayente para los alumnos. Para que esta percepción se desarrolle, es importante guiar a los alumnos a comprender aspectos “químicos” de la vida cotidiana, hasta que se haga espontáneo y natural para ellos. Adquirir el hábito de combinar las dos perspectivas juega un papel importante para evitar la percepción de la Química como una materia abstracta y exclusiva del ámbito de la escuela, sin relaciones con el mundo “real”. La imagen que el alumno va a tener de la Química depende en gran medida de la posibilidad de reconocer estas relaciones.

El profesor tiene una función fundamental e insustituible en la generación de tal hábito. Pero, para que su acción alcance el máximo de resultados, todos los

aspectos de la enseñanza necesitan dar atención adecuada a la presentación de las relaciones con la vida cotidiana. Por lo tanto, en la tarea de proyectar y preparar las herramientas que son utilizadas en la enseñanza, se hace necesario perseguir el objetivo de maximizar la integración entre la escuela y el mundo exterior, predisponiendo “llaves” que estimulen al alumno a percibirla e interiorizarla. De esta manera, se amplía el espectro de los objetivos didácticos y, al mismo tiempo, se aumenta el apoyo que las herramientas pueden ofrecer a la actividad del maestro.

Entre las herramientas, el libro de texto es “unos de los pilares básicos sobre los que se sustenta la acción docente en cualquier nivel educativo” (1). Por esta razón, la preparación de un libro de texto tiene que incorporar todos los objetivos didácticos de un curso. La integración entre la escuela y la vida cotidiana forma parte de estos objetivos, además de ser ella misma una herramienta para facilitar el logro de otros objetivos. En este trabajo se presentan las líneas fundamentales de una experiencia concreta de sugerencia de opciones para maximizar la integración de las referencias a la vida cotidiana en un libro de texto de Química para la escuela secundaria. La experiencia ha involucrado dos etapas: la inicial, donde las referencias a la vida cotidiana fueron una componente importante del proyecto de presentación del material de un curso de Química (2), y una segunda etapa de optimización, correspondiente a la preparación de una segunda edición (3).

2. LA SELECCIÓN DE LOS CRITERIOS DE BASE

De las consideraciones expresadas anteriormente se deduce la intención de que la integración entre la experiencia directa (cotidiana) de los alumnos y el contenido descriptivo y conceptual de la Química sea una característica de todo el curso, formando parte de todos los “ingredientes” del libro. Un libro de texto contiene varios aspectos: la descripción de fenómenos, la presentación de conceptos (el nivel interpretativo), la visualización a través de imágenes, las partes aplicativas (preguntas y ejercicios), y la práctica (experimentos). Todos estos componentes pueden tener roles importantes en la presentación de relaciones con la vida cotidiana, aunque con características y funciones diferentes. Las opciones que fueron elaboradas como las más aptas para cada componente serán presentadas en párrafos individuales, para mayor sencillez en la exposición.

La selección o elaboración de las opciones para cada componente, y la idea de las formas de su realización práctica, dependen, en buena medida, de los criterios que se eligen para el proyecto del libro. En el caso que se presenta aquí, el criterio básico para desarrollar la manera de presentación, el lenguaje, la forma de las imágenes y todos los detalles, incluso los más pequeños, fue la atención sistemática al punto de vista de los alumnos. Este criterio tiende a maximizar la eficacia de la comunicación con el alumno que utilizará el libro. Su aplicación involucró la recolección (preliminarmente al proyecto del libro) de informaciones detalladas sobre las percepciones, las imágenes mentales y las dificultades de los alumnos hacia los

diversos asuntos de un curso de Química, según la hipótesis operativa de que solamente informaciones numerosas y detalladas de este tipo puedan constituir una base fiable para el desarrollo de opciones que tengan en cuenta las exigencias de los alumnos y traten de minimizar el impacto de las dificultades identificadas.

Las informaciones fueron recogidas por medio de una pluralidad de aproximaciones: interacciones con los alumnos durante varios años, análisis sistemática de sus trabajos (analizando los errores, la manera en que expresan sus ideas y la forma con la que construyen sus respuestas), entrevistas, etc. La recolección de informaciones para el objetivo práctico de desarrollar líneas guías para la preparación de material didáctico tiene exigencias específicas. Se necesitan muchas informaciones sobre muy diversos aspectos, porque un libro incluye todos los temas de un curso y todos los aspectos de cada tema. Además, las informaciones que se necesitan son cualitativas. Lo importante no es saber qué porcentaje de alumnos comete un cierto error o tiene una cierta percepción; sino saber que hay alumnos que cometen cierto error y determinar las causas. Cuanto más alto es el número de detalles identificados, más alta es la probabilidad de desarrollar una aproximación eficaz a la presentación del asunto involucrado.

La idea de presentar las relaciones entre el contenido químico y la vida cotidiana fue parte integrante de esta aproximación. Las interacciones con los alumnos habían evidenciado que su identificación es frecuentemente difícil o, como mínimo, no inmediata, para muchos de ellos. Los detalles de las dificultades diagnosticadas en identificar o percibir las relaciones entre el contenido del curso y la vida cotidiana sirvieron como bases para desarrollar aproximaciones que ayudaran a evidenciarlas. Unos ejemplos ilustrativos serán incluidos en los próximos párrafos.

3. LA COMPONENTE TEÓRICA Y LA VIDA COTIDIANA

Por su naturaleza, la explicación teórica no es el vehículo principal de la integración entre Química y experiencia cotidiana. La integración es realizada de manera más amplia a través de las herramientas que acompañan y sustentan la explicación, como pueden ser las imágenes, las preguntas y ejercicios, y los experimentos que, individualmente y en conjunto, tienen la función fundamental de aportar la componente de concreción. La experiencia cotidiana puede desarrollar varias funciones aún en el ámbito de la explicación más teórica.

Una función importante es la de proporcionar motivaciones para la introducción de ciertos conceptos. Por ejemplo, en la primera parte de un curso de Química básica o general se introducen unidades de medida nuevas, como la unidad de masa atómica y el mol. Estos son conceptos muy “químicos” y muy nuevos para los alumnos en su primero encuentro con la Química. Así, es importante responder a la pregunta del porqué los químicos tuvieron la necesidad de introducirlos. El parangón con situaciones de la vida cotidiana ayuda a comprender las razones, como se expone en los siguientes ejemplos.

En la vida cotidiana, adaptamos la unidad de masa a la magnitud de lo que interesa. Así, medimos el oro en gramos, los componentes de las medicinas en miligramos, el pan en kilogramos, el carbón en toneladas (y la foto de un anillo de oro con un comentario adecuado subraya el concepto, añadiendo la eficacia comunicativa de las imágenes). De la misma manera, para evaluar la masa de los átomos y de las moléculas, es conveniente utilizar una unidad que nos proporcione valores que dan una percepción inmediata, y es por eso que fue introducida una unidad que sirviera a tal fin.

El mol es un “puente” entre la descripción microscópica (cuántas partículas están contenidas en una cierta cantidad de sustancia) y la descripción macroscópica (la cantidad misma) (4). ¿Cómo convencer de la necesidad de introducir este puente y de cuál tiene que ser su naturaleza?. Está claro, aún para los alumnos principiantes, que no es posible contar los átomos o las moléculas. Para ilustrar la naturaleza del problema, se ha comparado a un juego en el que se pida tomar números iguales de bolitas de masas diferentes, sin que esté permitido contarlas, y con la única ayuda de una balanza. La respuesta al juego ilustra el concepto que, si se toman masas de las diferentes bolitas que estén en la misma razón de las masas de una bolita a la otra, se están tomando números iguales de bolitas. Éste no es un ejemplo familiar de la experiencia cotidiana, pero es un ejemplo que entienden bien los alumnos, porque la idea de juegos, con sus propias reglas, es una idea común. El ejemplo elige reglas que sean aptas para ilustrar el concepto químico que interesa.

Los ejemplos citados involucran analogías entre “cosas que se hacen” y, por esto mismo, evitan los riesgos intrínsecos en las analogías entre sistemas. Un ejemplo de tales riesgos es proporcionado por la analogía (frecuente) del modelo atómico de Thomson a una sandía. En más de un caso, alumnos de la escuela secundaria han limitado su descripción del modelo atómico de Thomson a la frase “es como una sandía, y los electrones son como las semillas”. En contextos de enseñanza interactiva, se han presentado casos en que, a la pregunta “¿cuál es el tamaño de los átomos en este modelo?” los alumnos contestaban seguros “como una sandía”. Frente a experiencias de este tipo, se ha decidido evitar analogías entre sistemas (como puede ser la analogía del átomo a una sandía).

Hay opiniones diferentes acerca del empleo de las analogías en la enseñanza de las Ciencias, existiendo incluso recomendaciones de darle amplio espacio en los libros de texto (5). Por otro lado, la recolección de informaciones, preliminar al proyecto del libro (2,3), había evidenciado dificultades para comprender de manera clara y correcta todos los términos de una analogía. Eso indica que, si se quieren utilizar analogías, se necesita dar amplio espacio a la precisión de todos sus términos, lo que, además de acrecentar innecesariamente el tamaño del libro, lleva el riesgo de disminuir el enfoque o hacer perder el hilo de la explicación del asunto científico. Por la tanto, con la excepción de unos casos donde la función de la analogía es casi insustituible (como los ejemplos mencionados antes) se ha decidido no incluirlas en las explicaciones. Sin embargo, sí se decidió pedirle al mismo alumno que busque

analogías y discuta los términos. Esto tiene la ventaja adicional de estimular la reflexión activa por parte de los alumnos. Sugerencias a tal efecto son incluidas en la guía para el maestro. Por ejemplo, en el caso del concepto de *reactivo limitante* (uno de los casos discutidos en (5)), el libro (2,3) proporciona una ilustración del nivel microscópico por medio de dibujos de modelos de moléculas: es fácil para los alumnos contar las esferas que representan los varios átomos y darse cuenta de lo que sucede. Por otro lado, la guía del maestro discute opciones para pedir a los alumnos que busquen analogías y guiarlos en la búsqueda.

Es posible utilizar ejemplos de la vida cotidiana no como analogías, sino para ilustrar conceptos que son frecuentemente percibidos como demasiado abstractos y lejanos de la realidad. Por ejemplo, el concepto de *cuantización*, siendo tan nuevo para los alumnos, es ilustrado por la consideración de una cantidad familiar de la experiencia cotidiana para la que son posibles solamente ciertos valores. Se ha elegido a tal efecto la distancia desde el suelo de los pies de una persona que estaba parada, a pies juntillas, sobre uno u otro escalón de una escalera. El dibujo de la situación permite indicar, de manera clara, la existencia de *valores permitidos* y *valores no permitidos*. El comentario subraya claramente el mensaje correcto, es decir, que también en la experiencia cotidiana encontramos cantidades con valores permitidos y valores no permitidos. Ésta no es una analogía, porque la escalera no es una analogía del átomo (y no es presentada como analogía). La función del ejemplo es evidenciar que un concepto que parece tan nuevo y abstracto, como el de valores posibles y valores no posibles, es en realidad algo que forma parte de nuestra experiencia cotidiana.

4. LAS IMÁGENES Y LA VIDA COTIDIANA

En la enseñanza de la Química, las imágenes desarrollan una variedad de funciones, empezando por la visualización del nivel molecular, cuya importancia pedagógica es reconocida desde hace tiempo (6-8). Las funciones con las que se han utilizados en el libro (2,3) son presentadas en (9) y los criterios elaborados para idearlas son descritos en (10). Dar atención sistemática al punto de vista de los alumnos (en el sentido explicado) juega un papel fundamental, a fin de minimizar los aspectos de inadecuación discutidos en (1).

Es conveniente clasificarlas en dos grandes categorías: las imágenes de explicación y las fotografías. Las imágenes de explicación (que tienen que conformarse con las exigencias propias del lenguaje de las Ciencias, es decir, rigor, claridad y sencillez (10)), son dibujos planeados de manera que proporcionen una explicación complementaria a la del texto, y desarrollan la tarea fundamental de visualizar y hacer más concreto el mundo invisible de los átomos y las moléculas y de los fenómenos que los conciernen (9); en otras palabras, su tarea es la de hacer más concreto un mundo que está alejado de la experiencia cotidiana. Las fotografías, en cambio, son una herramienta ideal para realizar el contacto con la experiencia

cotidiana. Una fotografía representa un “pedazo” de la realidad, algo que forma parte del mundo alrededor del alumno o del mundo que puede, de alguna manera, conocer.

El primer criterio en la selección de las fotografías es buscar temas que sean perceptibles como familiares y que tengan relaciones inmediatas con el tema al que se asocian. Una guía fundamental se deduce de las interacciones con los alumnos y la identificación de sus imágenes mentales y sus dificultades. Unos ejemplos concretos pueden servir para ilustrar estos aspectos.

El inicio del curso (es decir, la primera página del primer capítulo de un libro de texto) tiene la función de engendrar la percepción de que el alumno está “introduciéndose” en el mundo de la Química. La imagen mental más inmediata y común acerca de la Química es que es “algo que tiene que hacerse en laboratorios”. Por lo tanto, se ha decidido que la primera imagen del libro sea la fotografía de un laboratorio, es decir, corresponda a la imagen mental pre-existente, transmitiendo así de manera indirecta, el mensaje “estamos haciendo Química”, mientras que el comentario transmite la información directa “la Química es una Ciencia experimental”.

El primer capítulo introduce muchos conceptos nuevos: átomo, molécula, composición, masa atómica, mol, etc. Mientras los dibujos ilustran el nivel microscópico, las fotografías ilustran el macroscópico y subrayan aspectos importantes. Hay conceptos que no necesitan más de una o dos líneas para ser expresados completamente en el texto, pero cuya importancia es fundamental para construir una visión correcta de la Química desde el comienzo; por otro lado, al ser expresados en manera tan breve no llaman bastante la atención y, frecuentemente, los alumnos no los interiorizan. Un ejemplo es el concepto de que los compuestos tienen propiedades diferentes de los elementos que los constituyen. Es importante atraer la atención sobre este concepto mucho más profundamente de lo que puede lograr la línea en que es expresado. Por lo tanto, se ha decidido ilustrarlo con fotografías, eligiendo un compuesto muy familiar, la sal de cocina, y alineando tres fotografías (un pedazo de sodio, una probeta con cloro y un poco de sal); debajo de cada una se ofrece la descripción de sus propiedades y la idea común que repite la afirmación del texto: “un compuesto tiene propiedades diferentes de los elementos constituyentes”.

La identificación de dificultades específicas puede ofrecer sugerencias interesantes. Por ejemplo, una alumna de la escuela secundaria, después de tres meses de curso, contactó la autora para pedir ayuda para “entender algo de las reacciones químicas”. A la pregunta de por qué las consideraba difíciles, respondió que en su escuela no había laboratorios, así que ella no podía tener una imagen de qué es una reacción. A la pregunta de si nunca había visto una reacción, respondió que no, con seguridad. A la pregunta “¿cómo cocinas?” respondió “con el gas”, y se sorprendió al oír que la combustión del gas es una reacción química. Esto puede ser considerado un ejemplo extremo de la frecuente dicotomía entre lo que se hace en la clase y la experiencia cotidiana de los alumnos. Por otro lado, fue considerado como una indicación importante y el capítulo que trata de las reacciones tiene la fotografía de las

llamas de un hornillo de gas en su primera página, como ejemplo de reacción química familiar.

Se ha averiguado también la eficacia del acoplamiento, en la mismas páginas, de explicaciones proporcionadas por dibujos y fotografías que sean complementarias o, en otras palabras, el acoplamiento de “imágenes químicas” e “imágenes cotidianas”. Por ejemplo, las fotos de las llamas con coloraciones debidas a varios metales (una imagen del laboratorio químico) es asociada a la fotografía de fuegos artificiales (una imagen de la experiencia cotidiana basada en el mismo fenómeno). A los dibujos de la geometría de los sistemas cristalinos se asocian fotografías de cristales, uno para cada sistema. Al dibujo que ilustra el nivel molecular de la evaporación se asocia una foto de ropa colgada para secarse. A la explicación del descenso crioscópico se asocia la foto de una máquina que esparce el sal sobre una autopista. Este ultimo ejemplo subraya también la contextualidad de unas fotos: esta última era familiar a la mayoría de los alumnos italianos, pero completamente ajena para, por ejemplo, alumnos africanos. La cuestión pertenece al debate sobre la necesidad de que los libros de texto, sobre todo para la escuelas primaria y secundaria, tomen en cuenta apropiadamente el contexto de los alumnos y su grado de familiaridad con las imágenes que se les proponen.

El mundo de lo cotidiano contiene muchos aspectos, incluso la historia, el arte o el mito. Todos los aspectos pueden asociarse, de una manera u otra, a aspectos del discurso químico. Así, por ejemplo, una de las fotos elegidas muestra objetos de arte, y el párrafo que trata de las sales es ilustrado por la foto de la estatua (de sal) de un ser fantástico de la mina de sal de Wieliczka.

5. LA PARTE APLICATIVA Y PRÁCTICA

Las partes aplicativas y prácticas comprenden las preguntas y ejercicios, al final de cada capítulo, y los experimentos para el laboratorio. Las preguntas tienen la función de guía al estudio y de estímulo a la reflexión. Así, su secuencia sigue el hilo conductor del capítulo y, al mismo tiempo, se añaden asuntos que salen de los temas tratados. Las preguntas que consideran la experiencia cotidiana son mezcladas con las otras, de manera que la reflexión sobre los aspectos de la vida cotidiana sea una parte integrante del trabajo del curso. Las preguntas tienen varias formas, desde pedir que el alumno busque ejemplos familiares para conceptos o categorías (elementos, compuestos, materiales, soluciones, sistemas heterogéneos, reacciones, etc.) a proponerle situaciones (por ejemplo, “si quieres que la pasta se cocine rápido, ¿es de ayuda usar llamas fuertes en el hornillo?; ¿y si quieres hacer evaporar más rápidamente una cierta cantidad de agua?”). También unos ejercicios con cálculos hacen referencia a situaciones que forman parte de la vida cotidiana.

Por lo que concierne a los experimentos, establecen puentes con la vida cotidiana cuando utilizan materiales comunes (sal de cocina, azúcar, hierbas, frutos,...) o cuando se refieren a fenómenos de la experiencia común. Experimentos de este tipo

son complementados por experimentos mas tradicionalmente “químicos”, para contribuir a la percepción de combinación e integración de las dos perspectivas.

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En los párrafos precedentes se han presentado los criterios básicos elaborados para la preparación de un libro de texto de Química para la escuela secundaria y unos ejemplos concretos de su realización. Un libro de texto debe tomar en cuenta las interconexiones entre la Química y la vida cotidiana, darlas espacio adecuado y tender a engendrar la percepción de que la atención a estas interconexiones es una componente natural, no solamente del estudio de la Química, sino también de su función como Ciencia.

REFERENCIAS

1. F.J. Perales y J.D.D. Jiménez, *Enseñanza de las Ciencias*, **2002**, Vol. 20 (3), 369.
2. L. Mammino, *Chimica Viva*, G. D’Anna Ed., Firenze (1994).
3. L. Mammino, *Chimica Aperta*, G. D’Anna Ed., Firenze (2003)
4. L. Mammino, *Anuario Lat. de Ed. Química*, **1999**, Vol. 12, 134.
5. T. L. Mamiala, D. F. Treagust y G. Chittleborough, *Proceedings of the 10th Annual Conference of the Southern African Association for Research in Mathematics, Science and Technology Education*, January (2002).
6. D.L.Gabel, K.V. Samul y D. Hunn, *J.Chem. Educ.*, **1987**, Vol. 64 (8), 695.
7. D.L. Gabel, *J. Chem. Educ.*, **1993**, Vol. 70 (3), 193.
8. K.J. Smith y P.A. Metz, *J. Chem. Educ.*, **1996**, Vol. 73 (3), 233.
9. L. Mammino, *Anuario Lat. de Ed. Química*, **1998**, Vol 11, 123.
10. L. Mammino, *Anuario Lat. de Ed. Química*, **1998**, Vol. 10, 54.

LOS DIAGRAMAS DE RELACIONES MOLARES EN EL ESTUDIO DE LOS EQUILIBRIOS QUÍMICOS ⁶

*Alberto Gómez Pedroso*¹, *Fernando Montes de Juan*², *Santiago de Vicente Pérez*²

¹ Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México

² Departamento de Ciencias, Analíticas Facultad de Ciencias

Universidad Nacional de Educación a Distancia, Senda del Rey 9, 28040-Madrid.
fmontes@ccia.uned.es

1. INTRODUCCIÓN

Conocida por todos la escasa preparación previa en Química con que acceden los alumnos a los estudios universitarios, principalmente como consecuencia de horarios reducidos de dicha asignatura en los Planes de Estudios de las Enseñanzas Medias. Independientemente de que el profesorado de Química reivindique una ampliación de dichos horarios, puede ser conveniente proceder a un estudio conducente a una redefinición de los objetivos generales de la enseñanza de esta materia y a un desarrollo de métodos deductivos que, además de hacer posible una profundización en los conocimientos, origine una simplificación en el proceso de aprendizaje. Precisamente en este marco queda incluido este trabajo, en el que se expone la utilización (como herramientas para el estudio) de los diagramas de relaciones molares respecto a las especies predominantes en función de una variable química principal, que, introducidos en el año 1991 por el Prof. de Vicente Pérez y colaboradores (1), designaremos en adelante de forma simplificada diagramas de relaciones molares.

La exposición se ajustará al siguiente plan:

- Descripción de los diagramas.
- Construcción.
- Aplicaciones.

2. DESCRIPCIÓN DE LOS DIAGRAMAS

2.1. Abscisas

En abscisas se representan los valores de la variable principal en forma cologarítmica:

- En los sistemas de la forma $AX_n \rightleftharpoons A + n X$, que intercambian iones o moléculas polares (H^+ , OH^- , Cl^- , NO_3^- , NH_3 , etc.), en general X, se toma como variable

⁶ *Los contenidos de este trabajo forman parte de la Tesis Doctoral (en realización) de A. Gómez Pedroso.*

principal el cologaritmo de la concentración de la partícula intercambiada (pH, pOH, pCl, pNO₃, pNH₃, etc.), en general pX, que viene dado por la ecuación general

$$pX = \frac{1}{n} pK + \frac{1}{n} \log \frac{(A)}{(AX_n)}$$

• En los sistemas redox Red ? Ox + n e⁻ se toma como variable principal el potencial de equilibrio dado por la ecuación de Nernst:

$$E = E^o + \frac{0,06}{n} \log \frac{(Ox)}{(Red)}$$

También puede utilizarse (2) la expresión:

$$pe = \frac{1}{n} pK + \frac{1}{n} \log \frac{(Ox)}{(Red)}$$

en donde pe (análogo a pX) es el cologaritmo de la actividad electrónica y K es la constante de donación de electrones (análoga a la de disociación de AX_n).

Para ver con claridad la equivalencia entre estos dos sistemas de representación, considérense los razonamientos siguientes:

Dividiendo por 0,06 los dos miembros de la ecuación de Nernst, resulta:

$$\frac{E}{0,06} = \frac{E^o}{0,06} + \frac{1}{n} \log \frac{(Ox)}{(Red)}$$

y comparando esta expresión con el valor del pe:

$$\frac{E}{0,06} = pe \quad \text{y} \quad \frac{E^o}{0,06} = \frac{1}{n} pK$$

Igualdades que demuestran la naturaleza cologarítmica de la variable E.

A pesar de la equivalencia anterior, resulta más útil la ecuación de Nernst que la expresión de pe, en la mayor parte de los casos, por razones prácticas: en efecto, la igualdad pe = E / 0,06, indica que, si se utiliza como variable el pe, el diagrama se extiende desmesuradamente en la dirección del eje de abscisas, originándose en algunos casos diagramas tan dilatados que son imposibles de representar sobre una hoja de papel.

2.2. Ordenadas

En ordenadas se representan los valores de la relación entre las concentraciones o fracciones molares de todas las especies del sistema (¡ en general) y

la concentración o fracción molar de la especie predominante en cada intervalo de la variable (en general i_{pred}):

$$\log r_i = \log \frac{(i)}{(i_{pred})} = \log \frac{a_i}{a_{ipred}}$$

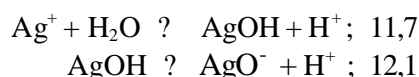
3. CONSTRUCCIÓN DE LOS DIAGRAMAS

En aras de la brevedad necesaria se va a exponer, a continuación, la construcción de los diagramas en dos casos concretos, que se van a utilizar como ejemplos típicos.

3.1. Sistema: $\text{Ag}^+ / \text{AgOH} / \text{AgO}^-$ 11,7 12,1

El diagrama constará de tres líneas que denominaremos línea Ag^+ , línea AgOH y línea AgO^- .

Los valores de $\text{pK} = 11,7$ y $\text{pK} = 12,1$ son, respectivamente los pK de hidrólisis de Ag^+ y de AgOH :



Los valores de las constantes indican que predominan Ag^+ , AgOH o AgO^- según que $\text{pH} \leq 11,7$, que $11,7 < \text{pH} < 12,1$ ó que $\text{pH} > 12,1$ respectivamente. Por tanto:

- **A $\text{pH} < 11,7$**

$$r_{\text{Ag}^+} = \frac{(\text{Ag}^+)}{(i_{pred})} = \frac{(\text{Ag}^+)}{(\text{Ag}^+)} = 1,0 \quad \text{y} \quad \log r_{\text{Ag}} = 0,00 \quad (1)$$

$$r_{\text{AgOH}} = \frac{(\text{AgOH})}{(\text{Ag}^+)} = \frac{(10^{-11,77})}{(\text{H}^+)} \quad \text{y} \quad \log r_{\text{AgOH}} = -11,7 + \text{pH} \quad (2)$$

$$r_{\text{AgO}^-} = \frac{(\text{AgO}^-)}{(\text{Ag}^+)} = \frac{(\text{AgO}^-)}{(\text{AgOH})} \cdot \frac{(\text{AgOH})}{(\text{Ag}^+)} = \frac{(10^{-23,8})}{(\text{H}^+)}$$

y

$$\log r_{\text{AgO}^-} = -23,8 + 2\text{pH} \quad (3)$$

La ecuación 1 da, para Ag^+ , una recta horizontal; la ecuación 2 da, para AgOH , una recta de pendiente +1 que corta a la horizontal anterior $\text{pH} = \text{pK}_{\text{Ag}^+} = 11,7$; y la

ecuación 3 da, para AgO^- , una recta de pendiente +2. El valor de las pendientes sigue la regla general (2): coincide con el número de partículas X, (en este caso H^+) que la especie i tiene que tomar (pendiente positiva) o perder (pendiente negativa), para transformarse en la especie predominante.

- En el intervalo $11,7 \leq \text{pH} \leq 12,1$ la especie predominante es AgOH , que estará representada por una recta horizontal y la línea Ag^+ tendrá pendiente -1 , pues $\text{Ag}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{AgOH} + \text{H}^+$, y la línea AgO^- pendiente $+1$, pues $\text{AgO}^- + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{AgOH}$.

- A $\text{pH} > 12,1$ será horizontal la línea AgO^- , tendrá pendiente -1 la línea AgOH (pues $\text{AgOH} \rightleftharpoons \text{AgO}^- + \text{H}^+$) y pendiente -2 la línea H^+ (pues $\text{Ag}^+ + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{AgO}^- + 2\text{H}^+$).

En resumen, para trazar el diagrama se procede de la forma siguiente:

- Se traza una recta horizontal que corresponde a las especies predominantes (cada una en su intervalo de la variable).

- Se señalan en la línea los valores de pK por los cuales se traza las líneas inclinadas con la pendiente que le corresponda en cada intervalo de la variable.

Resulta así la Figura 1.

3.2. Sistema: $\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+}$ ($E^\circ = 0,77 \text{ v}$)

La construcción del diagrama es análoga a la del sistema anterior, considerando que Fe^{2+} predomina a $E < E^\circ$ y Fe^{3+} a $E > E^\circ$ y que los valores de las pendientes anteriores $\pm n$ (ganancia o pérdida de electrones para pasar a la especie predominante) se transforman en $\pm n / 0,06$ como consecuencia de la ecuación de Nernst. Véase el diagrama en la Figura 2.

4. APLICACIONES

4.1. Ejemplo 1º: Reacción del ion Ag^+ con iones OH^-

Habitualmente se dice a los alumnos que cuando se añade hidróxido sódico a una disolución de una sal soluble de plata (I) aparece un precipitado de Ag_2O (s), insoluble en exceso de reactivo.

Todo esto es cierto en determinadas condiciones. Pero no siempre se cumplen dichas condiciones, sino que en otras distintas no se forma el precipitado o, aunque se forme, se disuelve en exceso de reactivo NaOH.

A continuación se trata de matizar la descripción de la reacción, resolviendo para ello el problema siguiente:

- Determinése el pH de una suspensión de Ag_2O (s).
- Calcúlese la composición de la disolución en equilibrio con el precipitado.
- Evalúese la solubilidad del precipitado en agua destilada.
- Calcúlese el valor de la concentración mínima de plata (I) para que aparezca precipitado de Ag_2O (s) por adición de NaOH.

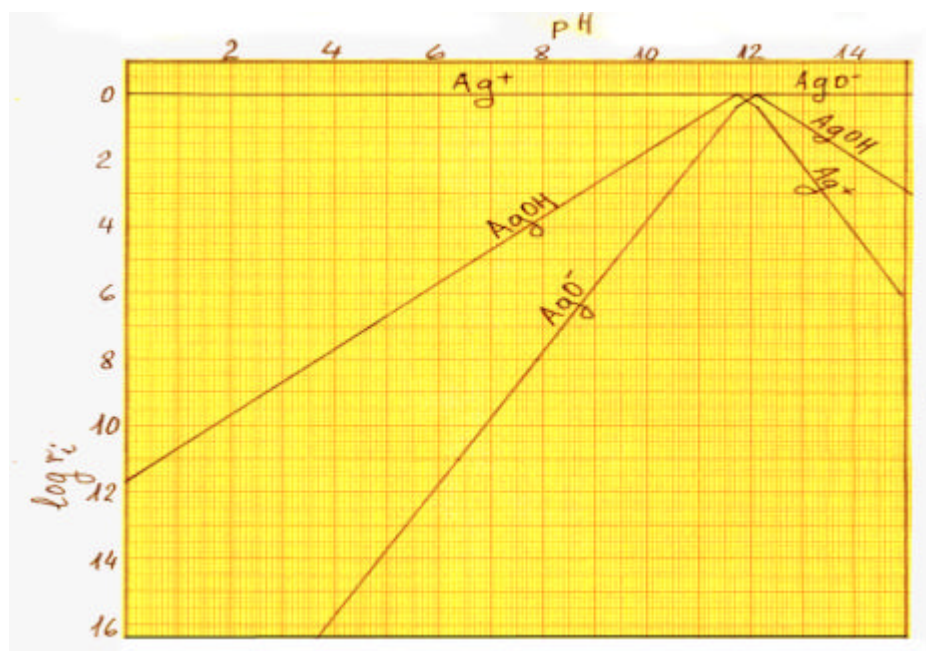


Figura 1. Sistema $\text{Ag}^+ / \text{AgOH} / \text{AgO}$.

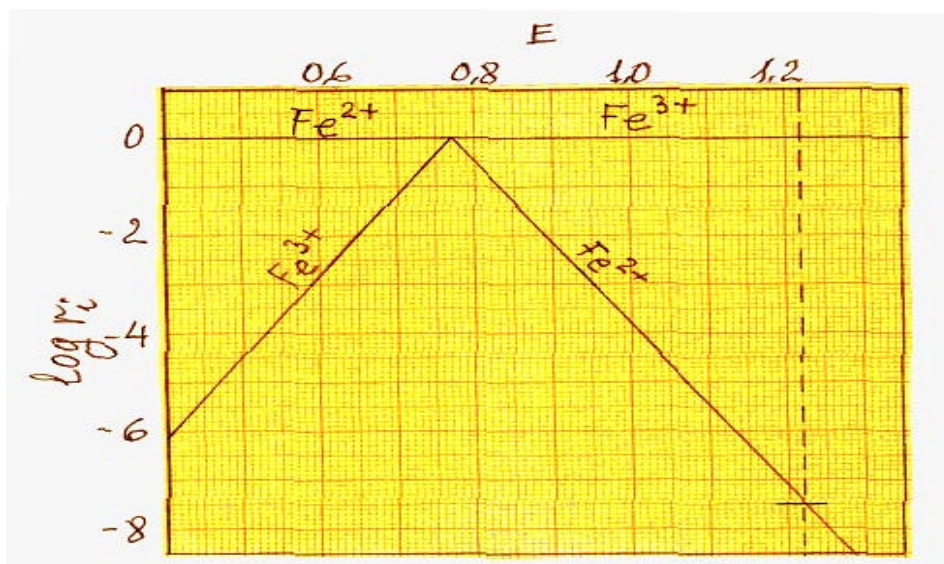


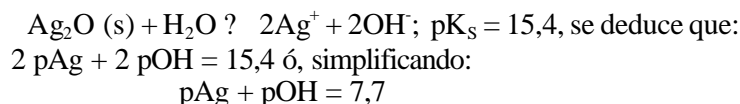
Figura 2. Sistema $\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+}$.

e. Calcúlese la concentración máxima de plata (I) que hace posible que el precipitado Ag_2O (s) se disuelva totalmente a $\text{pH} = 14,0$.

Dato: Ag_2O (s) + H_2O ? $2\text{Ag}^+ + 2\text{OH}^-$; $\text{pK}_s = 15,4$

Resolución:

a. Del equilibrio:



La estequiometría del equilibrio de solubilidad anterior indica que son iguales las concentraciones de Ag^+ y de OH^- , por lo que puede escribirse la igualdad anterior de cualquiera de las formas:

$$\begin{aligned} 2 \text{pAg} &= 7,7 \\ 2 \text{pOH} &= 7,7 \end{aligned}$$

que dan como resultado:

$$\text{pAg} = \text{pOH} = 3,85$$

y, finalmente:

$$\text{pH} = 14,0 - 3,85 = 10,15$$

b. En el apartado anterior se ha visto que:

$$(\text{Ag}^+) = 10^{-3,85} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

En la Figura 1 se leen a $\text{pH} = 10,15$ los valores de:

$$r_{\text{AgOH}} = 10^{-1,55} \text{ y } r_{\text{AgO}^-} = 10^{-3,5}$$

por lo que:

$$(\text{AgOH}) = r_{\text{AgOH}}(i_{\text{pred}}) = r_{\text{AgOH}}(\text{Ag}^+) = 10^{-1,55} \times 10^{-3,85} = 10^{-5,4} \text{ M}$$

y

$$(\text{AgO}^-) = r_{\text{AgO}^-}(i_{\text{pred}}) = r_{\text{AgO}^-}(\text{Ag}^+) = 10^{-3,5} \times 10^{-3,85} = 10^{-7,35} \text{ M}$$

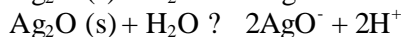
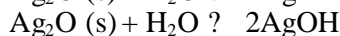
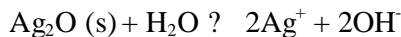
c. La solubilidad, s , tendrá el valor:

$$\begin{aligned} s &= (\text{Ag}^+) + (\text{AgOH}) + (\text{AgO}^-) = \\ &= 10^{-3,85} + 10^{-5,4} + 10^{-7,35} \end{aligned}$$

y, prescindiendo del valor $10^{-7,35}$, se calcula s con un error inferior al 1%, siguiendo la práctica usual en los cálculos de equilibrios, resultando finalmente:

$$s = 10^{-3,85} + 10^{-5,4} = 1,45 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

d. De los equilibrios:



se deduce de forma cualitativa que las concentraciones de Ag^+ , AgOH y AgO^- sufren las siguientes modificaciones al incrementar el pH de la disolución:

- La concentración de Ag^+ disminuye.
- La concentración de AgOH se mantiene constante.

- La concentración de AgO^- aumenta.

A $\text{pH} = 11,7$ se cumple la igualdad $(\text{Ag}^+) = (\text{AgOH})$ y a $\text{pH} > 11,7$ la desigualdad $(\text{Ag}^+) < (\text{AgOH})$.

De forma análoga, a $\text{pH} = 12,1$ se cumple la igualdad $(\text{AgOH}) = (\text{AgO}^-)$ y a $\text{pH} > 12,1$ la desigualdad $(\text{AgOH}) < (\text{AgO}^-)$.

Por tanto la solubilidad mínima de Ag_2O (s) corresponde al intervalo de predominio de la especie AgOH , es decir, al intervalo:

$$11,7 < \text{pH} < 12,1$$

y, con más precisión al pH medio:

$$\frac{1}{2} (11,7 + 12,1) = \frac{1}{2} \times 23,8 = 11,9.$$

Calculemos el valor de esta solubilidad mínima; en el diagrama de la Figura 1 se lee a $\text{pH} = 11,9$:

$$r_{\text{Ag}^+} = r_{\text{AgO}^-} = 10^{-0,2}$$

$$r_{\text{Ag}^+} = (\text{Ag}^+) / (\text{AgOH}) = 10^{-0,2}$$

$$r_{\text{AgO}^-} = (\text{AgO}^-) / (\text{AgOH}) = 10^{-0,2}$$

Por otra parte, la concentración de Ag^+ a $\text{pH} = 11,9$ tiene el valor:

$$(\text{Ag}^+) = 10^{-7,7} / (\text{OH}^-) = 10^{-7,7} / 10^{-2,1} = 10^{-5,6} \text{ M}$$

y, haciendo uso de los valores de r_i anteriores:

$$(\text{AgOH}) = 10^{+0,2} (\text{Ag}^+) = 10^{+0,2} \times 10^{-5,6} = 10^{-5,4} \text{ M}$$

$$(\text{AgO}^-) = 10^{-0,2} (\text{Ag}^+) = 10^{-0,2} \times 10^{-5,4} = 10^{-5,6} \text{ M}$$

Finalmente, la solubilidad mínima tendrá el valor:

$$s = (\text{Ag}^+) + (\text{AgOH}) + (\text{AgO}^-) = 10^{-5,6} + 10^{-5,4} + 10^{-5,6} = 9,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

pudiendo concluirse que las disoluciones del ion Ag^+ en concentración inferior a $9,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ no precipitan por adición de hidróxido sódico.

e. A $\text{pH} = 14$ ó $\text{pOH} = 0,0$, la concentración de ion Ag^+ tiene el valor:

$$(\text{Ag}^+) = 10^{-7,7} / (\text{OH}^-) = 10^{-7,7} / 1,0 = 10^{-7,7} \text{ M}$$

En la Fig. 1 se observa que a $\text{pH} = 14,0$, con predominio de la especie AgO^- :

$$r_{\text{Ag}^+} = (\text{Ag}^+) / (\text{AgO}^-) = 10^{-4,2}$$

de donde:

$$(\text{AgO}^-) = 10^{+4,2} (\text{Ag}^+) = 10^{+4,2} \times 10^{-7,7} = 10^{-3,5} \text{ M}$$

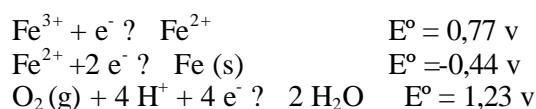
Y esto indica que las disoluciones con una concentración de plata superior a $9,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ e inferior a $10^{-3,5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ dan con NaOH un precipitado de Ag_2O (s) soluble en un exceso 1,0 M de reactivo.

4.2. Ejemplo 2: Disolución de hierro metálico en medio ácido

Se disuelven 0,10 moles de hierro metálico en ácido sulfúrico, llevando la disolución obtenida a un volumen de 1,000 L.

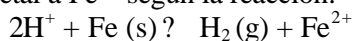
Se deja la disolución en contacto con la atmósfera hasta que se alcance el equilibrio. Si el pH final tiene el valor $\text{pH} = 1,0$ ¿cuál es la composición de la disolución?

Datos:



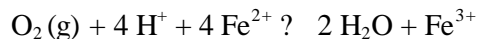
Resolución:

Los iones H^+ oxidan al metal a Fe^{2+} según la reacción:

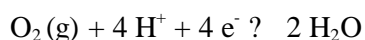


manteniéndose como tal el Fe^{2+} formado mientras dura el desprendimiento de hidrógeno, que proporciona una atmósfera reductora.

Pero, una vez concluida la reacción anterior, entra en juego el oxígeno atmosférico, que va penetrando poco a poco en la disolución (a causa de su escasa presión parcial en el aire, $P_{\text{O}_2} \approx 0,2 \text{ atm}$) y oxidando al Fe^{2+} con formación de Fe^{3+} , según la reacción:



que se detiene o, mejor dicho, llega a una situación de equilibrio dinámico, cuando se alcanza el potencial de equilibrio del sistema:



dado por la ecuación:

$$E = 1,23 - 0,06 \text{pH} + \frac{0,06}{4} \log P_{\text{O}_2}$$

que a $\text{pH} = 1,0$ y $P_{\text{O}_2} = 0,20 \text{ atm}$ arroja el valor:

$$E = 1,23 - 0,06 \text{pH} + \frac{0,06}{4} \log 0,2 \approx 1,22 \text{ v.}$$

En el diagrama de la Figura 2 se lee a 1,22 v el valor:

$$r_{\text{Fe}^{2+}} = \frac{(\text{Fe}^{2+})}{(\text{Fe}^{3+})} = 10^{-7,5}$$

y, como este valor es inferior a 10^{-2} , se puede admitir que:

$$a_{Fe^{2+}} \approx 10^{-7,5}$$

con un error inferior al 1%, admisible, como se ha indicado, en los cálculos de fracciones molares y de concentraciones.

En consecuencia, la composición de la disolución viene dada por los valores siguientes:

$$(Fe^{2+}) = a_{Fe^{2+}} \times C = 10^{-7,5} \times 10^{-1} = 10^{-8,5} M$$
$$(Fe^{3+}) = a_{Fe^{3+}} \times C = (1 - 10^{-7,5}) \times 10^{-1} \approx 10^{-1} M$$

5. NOTA FINAL

Las aplicaciones de los diagramas de relaciones molares no se limitan a los casos expuestos mediante los ejemplos anteriores, si bien éstos son representativos de su utilización al nivel más elemental.

Otra posibilidad más interesante es la interpretación cuantitativa de los diagramas de especies predominantes en función de dos variables químicas o de una variable química y la concentración analítica. Esta aplicación es útil para la especiación de una disolución cuando se conoce la concentración analítica de un elemento (por análisis) y las condiciones de equilibrio de la disolución, determinadas por medición de las variables o parámetros de que dependen (3).

BIBLIOGRAFÍA

1. S. Vicente-Pérez, A. Cabrera y C. Boticario, *An. Quím.*, **1991**, Vol. 87, 884.
2. S. Vicente-Pérez, *Química de las disoluciones. Diagramas y cálculos gráficos*, Ed. Alhambra, Madrid (1979)
3. S. Vicente-Pérez, J.S. Durand, M.D.Álvarez, *An. Quím.*, **1991**, Vol. 87, 888.

PAPEL DE LA REOLOGÍA EN LA DIDÁCTICA DE LA QUÍMICA

*Marc Barracó Serra, M. Àngels Adrià Casas,
Ricard Torres Cámara, Pere Surià Lladó*

Universitat Politècnica de Catalunya
Avenida Diagonal 647, 08028-Barcelona. barraco@mf.upc.es

La consideración de la estructura de la materia y las leyes constitutivas que la rigen obliga al replanteamiento de su comportamiento. Los balances de masa y energía, que postula la Química, se deben formular de manera más general. La utilización industrial de sistemas complejos presupone un conocimiento más profundo de su intercambio de propiedades. La Reología se ocupa del estudio de estos sistemas, estando en condiciones de dar solución a problemas antes inabordables con el planteamiento de desarrollos teóricos y la programación de protocolos experimentales. Todo ello incide en unas perspectivas tecnológicas y en unas bases nuevas en el aprendizaje.

1. POSICIÓN PREVIA

En todos los campos de la técnica, y la Química no es una excepción, los procesos realizados conllevan y se fundamentan en balances de transporte de propiedades. La mayor o menor dificultad de este análisis hará necesario el uso de hipótesis simplificativas que limitarán notablemente el campo de aplicación de los resultados e impondrán los coeficientes de inseguridad (que encarecerán la explotación y sobredimensionarán el sistema).

La primera dificultad surge del conocimiento de la estructura de las sustancias que entran en juego en el balance mencionado. Tradicionalmente se ha definido la materia como un agregado de partículas de características diferenciadas.

El estado sólido se define como un conjunto de partículas muy cercanas entre sí (de forma que las distancias que las separan son comparables a su diámetro) y con unas fuerzas de cohesión muy intensas, lo que conlleva que sea muy difícil lograr una separación que, en caso de lograrse, se trata de un fenómeno irreversible y constituye la ruptura de la estructura macromolecular.

En el estado líquido, las fuerzas de repulsión predominan frente a las de cohesión, dando lugar a un conjunto de partículas más distanciadas, con mayor movilidad y propiedades más variables.

El estado gaseoso representa el caso más extremo de separación y movilidad de las partículas. Las fuerzas de repulsión son muy elevadas y las de cohesión casi despreciables.

Sin embargo, esta clasificación posee bastantes puntos de indefinición: es evidente que los agregados se sitúan en un continuo desde el sólido rígido hasta las

formas más volubles de gas, y que los estadios centrales de la clasificación (sólido, líquido y gas) son estudiables con una cierta facilidad. Sin embargo existe una fuerte incertidumbre en cuanto al comportamiento de los casos intermedios (sólido-líquido y líquido-gas).

Se definen dos metodologías de estudio:

Metodología 1. Basada en la estimación del comportamiento mecánico por aplicación de acciones exteriores al agregado de partículas y evaluación de los efectos producidos desde el punto de vista sensorial y fisiológico (método sensorial fisiológico/psicológico). Trata de conocer propiedades físicas de los materiales mediante apreciaciones de tipo subjetivo emitidas por un grupo de usuarios que actúan como jueces. Es obvio que las sensaciones manifestadas por los individuos que actúan de jueces sensitivos resultan ser muy diversas, lo que implica realizar un tratamiento posterior de las mismas. El conjunto de valores obtenidos se analizan estadísticamente, determinándose un valor central o medio y los criterios de dispersión. De esta manera, se determina el comportamiento del conjunto a partir de una globalización estadística de los valores particulares.

El procedimiento de valoración del comportamiento mecánico mediante el método fisiológico/psíquico se conoce como "Heptaestesis" (la rama de Psicología o Fisiología sensorial que trata de la percepción, a través de los sentidos, del comportamiento mecánico).

Metodología 2. El segundo tipo de metodología parte de la evaluación de las propiedades mecánicas usando para ello métodos eminentemente físicos, de manera que el valor de la magnitud apreciada no depende del individuo (excepción hecha de los posibles errores humanos en que se pueda incurrir), pues se obtiene a partir de mediciones experimentales a partir de instrumentación. Este sistema constituye el método físico.

El estudio físico del comportamiento de los materiales recibe el nombre de "Reología" (Ciencia de los materiales que estudia la deformación y el flujo).

La interrelación entre la Heptaestesis y la Reología se conoce con el nombre de Psicorreología.

2. JUSTIFICACIÓN DE LOS ESTUDIOS PSICORREOLÓGICOS

Hay cuatro razones fundamentales que justifican la realización de los estudios psicorreológicos:

1. La relación existente entre las propiedades mecánicas de la materia y constitución. Así pues, el comportamiento reológico de los cuerpos físicos contribuye al conocimiento de su estructura.

2. El seguimiento de las propiedades psicorreológicas es primordial en el control de los procesos (materias primas -control de recepción-, control de fabricación y control de calidad). El sistema utilizado mayoritariamente es de tipo reológico, aunque a menudo se completa con análisis de tipo psicológico.

3. La herramienta inestimable que la Psicorreología proporciona en el diseño de instalaciones y optimización. Esto es consecuencia directa de los dos apartados precedentes, ya que indica que los elementos que integran la instalación se han de adecuar a las características de los productos manipulados.

4. El criterio que facilita en el resultado final del proceso, que es la venta y el consumo, comportando la ineludible problemática de saber el grado de aceptación del producto final.

3. ANÁLISIS DE LAS VALORACIONES PSÍQUICAS

Por su propia naturaleza, las valoraciones psíquicas contemplan los siguientes aspectos:

- Se ha podido precisar la dispersión que se produce en las respuestas subjetivas (el cruce de sensaciones representa una dificultad casi insalvable).

- Es evidente que las condiciones ambientales afectan decisivamente las condiciones de los estados de la materia aunque afectan también, y de manera diferenciada, a los jueces. La conclusión es una distorsión de los resultados que se producen.

- Es preciso señalar la variación temporal que, a lo largo del tiempo, modifica los criterios de aceptación o rechazo. Esta evolución es lenta, siendo preciso pulsar la opinión de forma continuada.

4. VALORACIONES REOLÓGICAS

La evolución del conocimiento del comportamiento de los materiales obedece al planteamiento de conocer el valor de todas sus propiedades en función de la geometría (posición) y del tiempo.

Para la prosecución del sistema analítico que las determine, es preciso realizar una definición más concisa del agregado de partículas que el realizado al comienzo de este trabajo.

La existencia de estadios intermedios de los tres estados clásicos hace que la visión intuitiva y empírica que se ha utilizado sea sustituida por otra más rigurosa que permita un desarrollo matemático lo más amplio posible.

Esta nueva forma contempla el análisis de los efectos producidos sobre los agregados de partículas al aplicar un conjunto de tensiones exteriores. De esta manera, al aplicar tensiones se pueden obtener movimientos (caso del sólido rígido), deformaciones (sólido elástico) y velocidades de deformación (fluidos).

En un caso general, pueden presentarse superposiciones de efectos (como los fluidos viscoelásticos).

Este sistema permite cuantificar los efectos y clasificar de forma más objetiva los estados de agregación. Situados en un caso general, se plantea el balance de propiedades y relaciones. De esta manera, un análisis detallado conduce a afirmar que,

en las condiciones definidas, las propiedades se determinarán resolviendo un sistema un sistema de derivadas parciales de segundo orden y no lineales, para las que no existe una solución general.

Son diversas las dificultades que presenta la resolución del sistema citado. Las hipótesis simplificativas facilitan la resolución pero limitan el campo de aplicación.

El desarrollo tecnológico hace insuficiente la formulación utilizada hasta el momento. Hipótesis como la elasticidad lineal y la newtoneidad de las sustancias no sirven cuando se actúa en condiciones extremas. Hay una gran diversidad de materiales existentes y muy diverso el comportamiento de los productos al variar las condiciones de su manipulación.

5. CRONOLOGÍA RECIENTE

Entre 1920 y 1930, aproximadamente, aparece la primera generación de reólogos que, en su evolución, han supuesto el establecimiento de un puente entre el sólido rígido de Euclides y el líquido ideal de Pascal.

Como el devenir de cualquier disciplina, se ha impuesto la especialización creándose ramas de la Reología. Entre ellas se distingue:

- *La Biorreología*, es decir la que se ocupa del estudio del comportamiento reológico de la materia viva y su relación con las anomalías funcionales y patológicas. Una sub-rama de vital trascendencia ha sido la Hemorreología.

- *La Reología de materiales*, que concreta su actividad en la búsqueda de nuevos materiales (con: resistencia a campos eléctricos y magnéticos, resistencia química, centrada fundamentalmente en la corrosión por agentes exteriores y ataques de agentes químicos en general, resistencia a radiaciones corpusculares, resistencia térmica, resistencia mecánica frente a esfuerzos aplicados, etc.

- *La Reología de polímeros y macromoléculas*.

Los primeros estudios de Bingham pusieron de manifiesto la relación que hay entre la viscosidad y la estructura atómica del conjunto macromolecular. Es una rama en la cual es necesario fijar la estructura microscópica relacionándola con las propiedades reológicas. Bachinsky (hacia 1913) cuantificó este hecho conocido con formulaciones entre la fluidez (inversa de la viscosidad) y el volumen libre. Las leyes expresadas no eran generales ya que el volumen libre depende de características estructurales específicas. De esta manera se ha enunciado que las propiedades de las macromoléculas vienen condicionadas por las dimensiones, forma, distribución de las partículas integrantes del conjunto y las interacciones de las cadenas constitutivas. Todo esto configura una serie de propiedades particularmente especiales.

Cerca de 1920 se desarrollan los estudios tensoriales, muy especialmente en condiciones extremas. Se determinan las tensiones límites para cada situación y se deduce el comportamiento del material para intervalos alejados de la ruptura.

Griffith propuso una teoría por la cual se determina el comportamiento de las sustancias mediante el análisis de la energía de fractura y deduce que esta energía es

función del grado de irregularidad (superficial o volumétrica) y de la forma y tamaño de estas irregularidades. Los criterios de Griffith no son aplicables a materiales dúctiles y los experimentos con polimetacrilato.

Se descubre la dependencia entre la viscosidad y el peso molecular, que varía en tendencia según el peso molecular sea bajo (viscosidad proporcional al peso molecular) o alto (viscosidad proporcional a la potencia del peso molecular medio). El valor crítico intermedio facilita los criterios de síntesis de mezcla de polímeros para una viscosidad determinada.

Los avances en el mundo de los plásticos han sido muy precipitados. Se iniciaron de manera notable con la síntesis de nitrato de celulosa, acetatos y celulosa regenerada (rayón).

Baekeland comercializó, a comienzos del siglo XX, una resina termoestable conocida como bakelita. Carothers y Du Pont realizaron la síntesis de polímeros policondensados, entre los que está el polihexametileno adipamida, que con el nombre comercial de nilón supuso el inicio de la gran expansión de los plásticos. La síntesis del polietileno a alta presión, la polimerización del etileno y la del propileno (que supuso la obtención de polímeros semicristalinos a nivel comercial) son de gran utilidad actualmente. Recientemente las investigaciones se centran mayoritariamente en la producción y uso de polímeros de baja densidad.

En lo concerniente a los métodos de cuantificación de propiedades reológicas, es preciso puntualizar que son necesarios sistemas especializados. Por otro lado, la aplicación de tensiones sinusoidales con apreciación de la influencia de la temperatura y la frecuencia de deformaciones proporciona información suficiente para el diseño y control de productos y procesos.

- *La Reología industrial*, presente en casi todas las actividades tecnológicas, trata en general de sistemas polifásicos (mayoritariamente bifásicos) dispersos. La forma más frecuente en que se presentan es la de dispersiones (partículas sólidas en un fluido) o emulsiones (gotas de líquido en un fluido).

La gran cantidad de factores que intervienen se pueden clasificar en:

- Fase dispersa (concentración en volumen, viscosidad (caso de emulsiones), dimensión, distribución y forma de las partículas (para las dispersiones), y estructura química).

- Fase continua (viscosidad, estructura química (polaridad, pH, ...), y presencia de electrolitos).

- Tensioactivos (estructura química, concentración (viscosidad de la emulsión y solubilización a elevadas concentraciones), película absorbida en la interfaz, y efectos electroviscosos).

- Agentes estabilizadores (hidrocoloides, hidróxidos metálicos y pigmentos).

- La Industria farmacéutica y cosmética, por el carácter de emulsiones de muchos de sus productos, así como la industria alimentaria y la industria química en general (pinturas, lubricantes, cementos,...), constituyen los grandes grupos de especialización.

- La Reometría no representa una especialización propiamente dicha, pero tiene carta de identidad explícita por ser el soporte de la metodología de medición. Las dificultades en el conocimiento de la respuesta mecánica de un agregado de partículas frente a acciones exteriores es lo suficientemente compleja para hacer necesaria una tecnología especial.

La variedad de instrumentación, su adecuación en la obtención de las ecuaciones constitutivas y el desarrollo de normativa dan fe de su preponderancia.

6. NOTAS DE PERSPECTIVAS

En general se prevé un futuro cuyas líneas generales obedecen a los aspectos siguientes:

- Existencia de nuevos productos.
- Necesidad de mejoras en los productos actuales, consecuencia de las nuevas prestaciones exigidas.
- Reducción del coste de manipulación.
- Acción continuada de predicción, que se ha de realizar sobre los productos, para garantizar unas condiciones de trabajo adecuadas.

En cuanto a nuevas aplicaciones, son muy diversas, destacando:

- La utilización de los elementos en “micromáquinas”. En efecto, las dimensiones de las realizaciones técnicas son cada vez más reducidas. Es preciso adaptar el producto final a este referente. De esta manera:

- es preciso usar escalas “nanométricas” en los diseños,
 - es preciso prever una instrumentación adecuada a la dimensión del trabajo,
 - será preciso efectuar una simulación de la dinámica molecular.
- Las aplicaciones médicas. El proceso de elaboración de un diagnóstico por métodos físico-químicos es complejo, y es por ello que no ha de extrañar que los avances en la incorporación de implantes artificiales en un organismo tenga un interés cada vez mayor.
- Optimización de la fabricación.
 - La modificación del sistema productivo presupone cambios importantes en el diseño del producto y las distintas fases del proceso.
 - Para llevar a cabo la aplicación con los criterios citados será preciso un control del proceso para que el producto final tenga las condiciones requeridas. Este control tendrá unos parámetros nuevos que se definirán y actualizarán continuamente.

7. IMPLICACIÓN EN LA DOCENCIA

El planteamiento enunciado hace concebir cambios particulares en el desarrollo de la docencia de la Química. En efecto, es preciso considerar:

Los objetivos básicos en la adquisición del conocimiento intensificarán los aspectos de:

- Asimilación de contenidos, desde el punto de vista teórico y experimental.
- Conocimiento de los modelos teóricos e hipótesis de definición así como los posibles dominios de aplicación.
- Conocimiento de materiales y metodología experimental.
- Asimilación de los diferentes contenidos a través de la manipulación.
- Corrección de las deficiencias habidas en el proceso de aprendizaje.
- Consolidación y refuerzo de los conocimientos adquiridos para facilitar la comprensión global de la temática.

Los puntos de diferenciación con los desarrollos precedentes que adquieren protagonismo, se enuncian como:

- Más que nunca, es precisa la realidad experimental. Ésta realidad es compleja desde el punto de vista de su propia constitución, por lo tanto la definición de ésta y de su comportamiento ha de ser prioritario.

Sin embargo, esta experimentación necesita instrumental muy sofisticado ya que se han de aprehender fenómenos extraordinariamente rápidos, o lentos, de tipo transitorio y con prestaciones, de funcionamiento y ambientales, extremas.

- Al ser el contenido analítico de gran dificultad (las simplificaciones de casos simples no son aplicables) se ha de prever la realización de simulaciones que, en condiciones de potencia computacional suficiente, ofrecerán resultados que se tendrán que cotejar con la realidad para establecer su validez.

- Es preciso no olvidar el hecho que todo el proceso de conocimiento ha de desembocar en la aplicación práctica. Los planteos teóricos y experimentales tienen su justificación en el destino final que es la explotación industrial. Adquirir los criterios de actuación para el conocimiento y optimización de los procesos es, pues, la intención primordial.

REFERENCIAS

1. C.W. Macosko, *Rheology. Principles, Measurements and Applications*, VCH Publishers, New York (1993).
2. J. Gil, *Proyecto docente*, Dept. C. Materials i Eng. Metal·lúrgica, E.T.S.E.I.B., Barcelona (1999).
3. I.C.E.-U.P.C., *Programa de formació per a la funció docent del professorat universitari*, Barcelona (1994).
4. C.L. Rohn, *Analytical Polymer Rheology*, Hanser/Gardner Publications, New York (1995).

EL PORQUÉ DE LA QUÍMICA EN LA ENSEÑANZA DE LAS INGENIERÍAS

M^a. Cristina Rivero Núñez, M^o. José Melcón de Giles

E.T.S. de Ingenieros de Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid
Ciudad Universitaria s/n, 28040-Madrid. crivero@etsit.upm.es

La Química, junto con otras Ciencias básicas, es fundamental para la formación integral de un ingeniero. Ya que se trata de una Ciencia que debe ser razonada y no aprendida de memoria, la resolución de problemas resulta imprescindible. Hemos comprobado que la aplicación de algunas estrategias que involucran al alumno en el desarrollo de las clases, contribuye a aumentar el interés por ellas y a mejorar su comprensión así como el rendimiento en el proceso de aprendizaje.

1. INTRODUCCIÓN

En todas las épocas, los hombres han tratado de dominar su entorno para cubrir sus necesidades básicas. El éxito en estas tareas ha sido posible gracias a las diversas contribuciones de la Ciencia. Para explicar el mundo que nos rodea, se han elaborado diferentes teorías, la mayor parte de ellas basadas en la información que proporcionan los sentidos. Pero estos datos son macroscópicos y todo lo que se sabe del mundo microscópico son deducciones y abstracciones. Sabemos medir, transformar, usar las diferentes magnitudes, pero ¿qué es la masa? o ¿qué es la energía?. El objetivo de la Ciencia, a través de sus diferentes ramas, es llegar a conocerlo y, separar unas de otras es muy difícil, como indican sus propios nombres: Geofísica, Ingeniería Genética, Bioquímica, etc., pues se solapan haciendo que formen un continuo. Las Matemáticas, la Física y la Química son la base de todas las Ciencias que, sin excepción, contribuyen al avance científico y tecnológico del mundo. Su conocimiento es imprescindible para el desarrollo que conduce al progreso económico y social de la humanidad. A esto hay que sumarle los cambios producidos en las últimas décadas en aspectos científicos, técnicos, sociales y económicos que llevan a una globalización que tiene que reflejarse también en la formación de profesionales más generalistas con una elevada capacidad de síntesis.

Es difícil llegar hasta los primeros orígenes de la Química, probablemente podríamos remontarnos al antiguo Egipto (con las técnicas de embalsamamiento, vidriados u obtención de metales) que, fundido con la cultura griega, sobrevivió hasta el 200 a.C. Los comienzos de la teoría química, hacia el 600 a.C., pueden ser las ideas de Thales, que propuso que los cambios químicos eran cambios fundamentales de la materia y, posteriormente la primera clasificación de las sustancias, según Empédocles, en cuatro elementos: tierra, aire, fuego y agua. Hacia el 400 a.C. Leucipo

y Demócrito postulan la discontinuidad de la materia, apareciendo por primera vez la palabra “átomo”.

La *Khemeia* griega y egipcia fue renombrada por los árabes como *al-Kimiya*, que en Europa se tradujo por Alquimia. La Alquimia fue importante realmente desde el 600 hasta el 1100 d.C. El objetivo primordial de esta “ciencia” era la transmutación de los metales en oro. Paracelso empleó métodos alquimistas para la curación de enfermedades y pensó que la piedra filosofal podría servir como “elixir de la vida”, proporcionando la inmortalidad. Así, el siguiente período de la Alquimia, comprendido entre el 1500 y el 1650, se conoció como la era de la Yatroquímica o Química Médica, ya que la investigación consistió casi en su totalidad en la obtención de sustancias curativas. Las diferentes técnicas pasan de los maestros a los discípulos de forma oral y no hay prácticamente documentos escritos en los que se desarrollen los procedimientos seguidos. En cualquier caso, el primitivo arte de *Khemeia*, transformado en Alquimia, estuvo ligado a la religión y provisto de un carácter secreto, peligroso y misterioso, que hizo recelar a los no iniciados.

Aunque se siguió avanzando en los conocimientos químicos, no se considera una Ciencia hasta el siglo XVIII. Lavoisier, el padre de la Química actual, diseñó la balanza para el estudio de los procesos de combustión y, de los resultados obtenidos, postuló por primera vez la ley de la conservación de la materia. A partir de este momento, la Química progresa a lo largo del siglo XIX aplicando el método científico: toma de datos, generalización, hipótesis, comprobación de resultados y predicción de nuevos fenómenos.

La Química actual es cada vez más racional y deductiva, una Ciencia muy diferente de la del siglo XIX, totalmente empírica. El progreso de la Química ha repercutido en el progreso del mundo, ya que ocupa un lugar importante en el desarrollo de los avances tecnológicos en campos aparentemente tan diferentes como la exploración del espacio o la investigación sobre el cáncer. Como dice el Premio Nobel de Química de 2001, Ryoji Noyori, es la “Ciencia de la creatividad”.

Actualmente, se puede considerar que la Química es una rama de la Ciencia que trata de la constitución, propiedades y transformación de la materia, siendo estos términos de un contenido muy amplio y, obviamente, relacionados con otros campos del saber. El conocimiento de la estructura de la materia ha permitido la fabricación de nuevos plásticos, fibras, antibióticos para combatir las enfermedades, drogas contra el dolor, etc. A través del estudio de la transformación de la materia, se ha logrado la síntesis de productos de mejores cualidades técnicas y económicas, y detener reacciones no deseadas como la oxidación de los metales o la descomposición de los alimentos.

Es imposible entender un mundo medianamente racional si no se comprenden la Ciencia y la Tecnología. Hay infinidad de ejemplos en los que la Química juega un papel primordial: el análisis químico de una capa de arcilla localizada sobre sedimentos del Cretácico, permitió encontrar un sorprendentemente elevado contenido en iridio (elemento muy escaso en la corteza terrestre pero muy abundante en los

asteroides), lo que llevó a formular la hipótesis de que la extinción de los dinosaurios fue consecuencia del impacto de un asteroide. La Química ha permitido desentrañar la estructura de sustancias como el grafito y el diamante, aparentemente muy similares, ya que su composición es la misma; pero esa diferencia de estructura explica que las propiedades sean tan diferentes: el primero es un buen conductor, se emplea en la fabricación de electrodos o como lubricante, mientras que el segundo, aislante, se usa en joyería o como abrasivo.

Se han podido sintetizar algunas sustancias de múltiples utilidades, como el ácido fosfórico, que es empleado como fertilizante, detergente, o en la industria alimentaria. Los dispositivos empleados para el control de alcoholemia se basan en una sencilla reacción química en la que el etanol del aliento transforma el dicromato potásico (anaranjado) en sulfato de cromo (verde más o menos intenso en función de su concentración y, por tanto, del contenido alcohólico). El estudio de la descomposición del ozono en la estratosfera permite evaluar el deterioro de la capa de ozono y, al mismo tiempo, buscar soluciones para paliar el problema. La liofilización da origen al café soluble.

El papel que está jugando la Química, tratando de resolver el problema generado por el *Prestige*⁷, es fundamental, tanto en los análisis que se van realizando para determinar el grado de contaminación, como en las técnicas empleadas para la eliminación de los residuos.

Algunas aplicaciones anecdóticas: en la sociedad romana se producía un relativamente elevado número de fallecimientos por el llamado “mal de amores”, en los meses siguientes al casamiento. Actualmente se sabe que la causa estaba en los cosméticos, ya que se empleaba cinabrio (sulfuro de mercurio), altamente tóxico. Una de las causas del elevado número de bajas que se produjeron en la campaña de Rusia entre las tropas de Napoleón, está en que los botones de las guerreras que usaban eran de estaño, el cual sufre una transformación alotrópica a temperaturas entre 15 y 20° bajo cero, dando una estructura frágil y quebradiza.

Específicamente en las ingenierías, hay también múltiples aplicaciones de la Química. Hoy en día, la investigación científico-técnica discurre por algunas direcciones fundamentales como todo lo relacionado con los seres vivos y su transformación: Biología Molecular, Ingeniería Genética, Biotecnología, etc. y hacia la generación y utilización de nuevos materiales: los grandes avances en técnicas relacionadas con la comunicación, la inteligencia artificial, la robótica o la tecnología espacial, son imposibles si no se dispone de nuevos materiales con altas prestaciones y un grado de especificidad muy elevado. Ambas áreas están íntimamente relacionadas

⁷ El petrolero *Prestige* se averió el 13 de Noviembre de 2002, a 51 km de la costa de Galicia. Al cabo de tres días se hundió, con 77.000 toneladas de fuel en su interior. El combustible derramado produjo uno de los mayores desastres ecológicos que se han conocido en España. Miles de ciudadanos colaboraron en la limpieza del *chapapote* de las playas, en una muestra de solidaridad ejemplar. El tratamiento del problema fue causa de una gran controversia política.

con la Química, así como los fenómenos de láseres y fibra óptica, la superconductividad, la industria del automóvil, aeronáutica o naval, la construcción, la metalurgia, telefonía, ordenadores, medicina, cosméticos, detergentes, conservación de alimentos, embalajes, fertilizantes, industria del petróleo, nuevas formas de energía, almacenamiento de energía, y un larguísimo etc.

2. OBJETIVOS

La Química es una Ciencia cada vez más deductiva, los conocimientos químicos se deben adquirir de forma racional, evitando aprender cosas de memoria y preguntándose el porqué de los hechos; así se llega a comprender y deja de ser algo misterioso. No se trata de un conjunto de información que deba memorizarse, sino que debe “practicarse”: leer, observar y, como complemento, resolver problemas, aspecto al que se debe prestar especial atención.

A lo largo de nuestros años de docencia, hemos encontrado que esta labor no debe ir dirigida únicamente a proporcionar conocimientos, sino también a fomentar todas aquellas técnicas que nos permitan conseguir una formación lo más completa posible de nuestros alumnos.

También sabemos que no existe ningún método o teoría cuya validez se haya demostrado hasta el punto de tener la seguridad de que, aplicando sus principios, podamos obtener necesariamente los resultados apetecidos.

Todo esto no quiere decir que no se pueda progresar en el aprendizaje (1), más bien lo contrario. Si logramos conocer a fondo a nuestros alumnos, tanto en su potencialidad como en lo que terminarán siendo, podremos elaborar estrategias de captación de sus intereses.

En la E.T.S. de Ingenieros de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Madrid, los alumnos acceden a la Universidad tras unas pruebas de selección en las que se les exige una nota de alrededor de 8 sobre 10; por tanto, podemos pensar que han desarrollado ya algunas habilidades y destrezas en el aprendizaje. Nuestra labor es conseguir que presten atención y dediquen tiempo a las asignaturas. Todas ellas están relacionadas con la Química: Estructura de la Materia, Fundamentos de Ciencia de los Materiales, Simulación de Propiedades de la Materia y Los Plásticos en las Tecnologías de la Información y la Comunicación, y tienen en común que, desde el plan de estudios de 1994, son optativas, por lo que los mismos alumnos han hecho ya una elección. Esto puede hacer pensar en una actitud positiva hacia ellas, puesto que tienen la posibilidad de matricularse en otras. Sin embargo, la predisposición favorable no es del 100 % ya que algunos de ellos las eligen por razones de horarios, fechas de examen, etc.

Para mantener el interés, se debe aprovechar la base práctica de estas asignaturas y acercar la Química a los alumnos de ingeniería, tanto en los laboratorios como con el desarrollo de problemas (2). Estos últimos, en particular, deberían reflejar el mundo real a través de ejemplos: aviones en Aeronáutica, barcos en Navales,

análisis de tierras en Agrónomos, Montes o Forestales, y radiaciones o conductividad eléctrica en Telecomunicación son algunos posibles ejemplos.

En las diferentes materias que hemos impartido en los últimos años, se han ensayado diversas estrategias, ninguna de las cuales se revela como solución definitiva, pero todas ellas indican (a través de las notas obtenidas, que son el único indicador de que disponemos y la única forma de evaluar los resultados) que aquellos alumnos que participan en las tareas planteadas superan en su calificación a los que no lo hacen.

La primera conclusión, muy clara, es que las estrategias de captación de atención del alumno y de estimulación son fundamentales, tanto para potenciar la asistencia a clase, que consideramos que tiene una gran importancia en el aprendizaje, como para promover la participación en los trabajos voluntarios que se proponen (3).

A lo largo de los años, hemos ido aplicando diversas estrategias con resultados diferentes:

- Estrategias individuales basadas en la resolución de problemas en casa, cuyos enunciados han sido repartidos previamente. De modo voluntario por parte del alumno, éste explica al resto de sus compañeros su forma de resolverlo. Esto les ayuda a expresar en público ideas nuevas y a hacerse comprender por los demás (a veces es necesario hacerlo de dos o tres formas diferentes). Esto contribuye a fijar los conceptos en la memoria a largo plazo (4). En todo momento, el profesor debe dirigir la exposición, aportando pequeñas ayudas que estimulen o activen los recursos y la confianza en sí mismo del alumno.

- Resolución de problemas por grupos, que se entregan para su posterior evaluación por parte del profesor, repartiéndose aquéllos que están bien resueltos al resto de la clase. Este método va encaminado a que cada grupo se responsabilice de la resolución de un conjunto de problemas que se añaden a los ya vistos en el aula.

- Oferta de temas a los alumnos para que los preparen y los expongan en clase en vez del profesor que, previamente, corrige los borradores y tutela la exposición. Deben ser temas novedosos y atrayentes para ellos (dependiendo de las especialidades). No puede hacerse con muchos alumnos en cada curso (un 5 ó 10 % máximo dependiendo del tamaño del grupo) pues al ser asignaturas cuatrimestrales, el tiempo docente está muy limitado. Al adquirir la responsabilidad de esta tarea a principio de curso, la asistencia a clase es más regular, y tratan también de aprender la forma de exponer. Todos aquellos alumnos que han optado por ello, no sólo aprueban sino que además alcanzan calificaciones elevadas.

- Resolución de problemas en clase. Con el apoyo del profesor, grupos como máximo de tres alumnos (para que sea obligada la participación de todos ellos) resuelven cuestiones planteadas en el aula. Esta actividad (5) fomenta la aplicación de conceptos explicados en clase, el trabajo en equipo y la discusión científica, ya que sólo se presenta un trabajo por grupo. Esto se traduce en una mayor asistencia a clase. El resultado es muy positivo porque con ello se afianzan los conocimientos y, con un menor esfuerzo en vísperas del examen, aprueban el 98 % de los asisten regularmente

a clase (como máximo dos faltas en el cuatrimestre). Aumenta también el número de alumnos presentados, ya que se sienten más seguros.

- Ya que el número de alumnos no presentados en las últimas convocatorias es muy bajo, en el último curso se han realizado exámenes (6) a lo largo del cuatrimestre que, para aquéllos que lo superaban, representaba liberarse de esa parte de la materia. Sólo disponemos de datos de febrero de 2003, pero hemos observado que han participado más alumnos (el 68 % frente al 40) y de ellos han superado el curso un 97 %, mientras que del 32 % restante sólo aprueban el 6,5 %.

- En otra de las asignaturas se están aplicando las nuevas tecnologías como método de atracción y fijación de ideas. El 50 % de los créditos son teóricos y el otro 50 % son prácticas que constan de un *software* con el que pueden ver en la pantalla del ordenador lo que se ha explicado en teoría y que, a veces, es de difícil visualización (un efecto túnel o la distribución de bandas de energía en un semiconductor). Los temas se encuentran en la Intranet de la Escuela y pueden acceder a ellos con un código que reciben al matricularse. Cuando han realizado la práctica, proceden a contestar una serie de preguntas que se encuentran asociadas a ella. El profesor recibe las respuestas electrónicamente, las corrige y califica. Asimismo, dentro del portal, hay un foro de debate que permite que se hagan preguntas entre ellos y al profesor. El interés que manifiestan los alumnos es muy elevado, por lo novedoso y diferente con respecto a las clases tradicionales, como pone de manifiesto el elevado número de ellos que solicitan cursarla, aunque el aula de ordenadores está limitada a 50 puestos por lo que no puede ser una asignatura masiva. En los 5 años que lleva impartándose, el 98% de los alumnos aprueba, y los que no lo hacen es por faltas de asistencia, ya que ésta es obligatoria. Hay que destacar que cualquiera de las estrategias aplicadas implican un elevado aumento de la dedicación docente, porque es necesario emplear mucho tiempo en la corrección de ejercicios, preparación de exámenes o temas así como en la elaboración de problemas, temas, cuestiones, etc.

Las tablas 1 y 2 recogen, a modo de resumen, el resultado medio obtenido en los últimos 5 años con la aplicación de las diferentes estrategias. Algunas de ellas se han aplicado en la misma asignatura y otras en asignaturas diferentes, pero los resultados porcentuales son los mismos, por lo que se puede concluir que el éxito o no de una determinada estrategia, no depende tanto de la asignatura en sí como del interés y la dedicación de los alumnos como consecuencia de una clases más dinámicas.

4. CONCLUSIONES

1. El mercado laboral requiere cada vez en mayor medida ingenieros con una elevada capacidad de síntesis, por lo que la enseñanza de la Química, así como la de otras Ciencias básicas, es necesaria para la formación integral de estos profesionales.

2. La enseñanza de la Química tiene que apoyarse en métodos que ayuden al alumno a aclarar conceptos y fijar ideas que deben ser razonadas. Por su carácter aplicado, hay que apoyarse en los laboratorios y las clases de problemas.

Tabla 1. Resultados sobre el total de alumnos matriculados.

ESTRATEGIAS	PRESENTADOS	APROBADOS ¹
Método tradicional	40%	60%
Problemas resueltos en casa, individualmente	60%	65%
Problemas en grupo	62%	66%
Elaboración de temas	50%	63%
Resolución de problemas en clase	76%	78%
Exámenes liberatorios	71%	78%
Clases con ordenador	98%	98%

¹ Porcentaje sobre el número de alumnos presentados.

Tabla 2. Resultados sobre el total de alumnos que participan en las diversas estrategias.

ESTRATEGIA	PARTICIPAN	PRESENTADOS ²	APROBADOS ³
Problemas resueltos en casa, individualmente	30%	70%	70%
Problemas en grupo	80%	80%	80%
Elaboración de temas	5%	100%	100%
Resolución de problemas en clases	74%	100%	98%
Exámenes liberatorios ¹	68%	100%	97%
Clases con ordenador	100%	98%	98%

¹ Datos referidos exclusivamente a la convocatoria de febrero de 2003.

² Porcentaje sobre el total de alumnos que participan.

³ Porcentaje sobre el número de alumnos presentados.

3. Hemos comprobado que todas aquellas estrategias en las que se implica al alumno en el desarrollo de las clases son altamente eficaces para un aprendizaje más completo.

4. Las diferentes estrategias producen resultados análogos cuando se aplican a asignaturas distintas, por lo que parece que la eficacia de las mismas está en relación con el aumento de interés de los alumnos al tratarse de clases más activas.

5. Del análisis de los resultados obtenidos en los últimos años se extrae que con estas estrategias aumentan tanto la asistencia a clase, por ser más participativas, como el número de alumnos presentados y el porcentaje de aprobados, porque se facilita el aprendizaje.

REFERENCIAS

1. R.S Nickerson, D.N Perkins y E.E. Smith, *Enseñar a pensar. Aspectos de la Aptitud Intelectual*, Ed. Paidós, M.E.C., Madrid (1990).
2. M.C. Rivero Núñez, P.J. Salas Peralta, *Innovación de la enseñanza. ¿Por qué hacemos problemas?*, I.C.E. de la U.P.M., Madrid (1997).
3. Alain, *Charlas sobre educación. Pedagogía infantil*, Ed. Losada, Madrid (2002).
4. A Baddeley, *Su memoria: cómo conocerla y dominarla*, Ed. Debate, Madrid (1990).
5. A. Tapia, *Motivación y aprendizaje en el aula. Cómo enseñar a pensar*, Ed. Santillana, Madrid (2000).
6. E. Valls, T. Mauri, E. Barberá, *Aprender a construir conocimientos*, Cuadernos de Pedagogía, nº. 318 (Noviembre 2002).

DISTEST: ESTUDIO CONCEPTUAL DE ALGUNAS DE LAS PROPIEDADES DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL MEDIANTE MICROORDENADOR

*María M. Prieto García*¹, *Ángel Fernández Tena*²

¹ Departamento de Estadística, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca
mmprieto@usal.es

² Departamento de Ingeniería Química y Textil, Facultad de Ciencias Químicas
Universidad de Salamanca

Distest es una simulación que permite el estudio conceptual de algunas de las propiedades de la distribución normal o gaussiana y aplicaciones de las mismas a casos prácticos, mediante microordenador.

1. INTRODUCCIÓN

En Química, como en todas las Ciencias experimentales, surge el problema de tener que determinar valores numéricos de una o más magnitudes.

A veces, las magnitudes deseadas pueden medirse directamente y, en otros casos, hay que hacer un tratamiento matemático, gráfico o numérico de los datos a fin de calcular los valores de ciertas magnitudes diferentes de las directamente observadas. Una vez calculado el valor de una magnitud conviene determinar su exactitud ya que siempre hay presentes errores experimentales y, como ordinariamente no se conoce el verdadero valor de la magnitud, habrá que encontrar alguna forma de estimar el error experimental. Para este fin se utiliza el análisis estadístico.

La Estadística estudia un número finito de características de un conjunto de individuos que constituyen lo que se denomina población estadística. Tales poblaciones pueden ser finitas o infinitas, según el número de individuos que la constituyen. Cada ente o individuo que componen la población se acostumbra a denominar unidad estadística y a una colección finita de unidades estadísticas, repetidas o no, se denomina muestra, conociendo como tamaño muestral el número de unidades estadísticas que hay en la muestra. A partir de las propiedades de una muestra extraída de la población, la Estadística efectuará inferencia acerca de ésta, cuyo estudio puede ser imposible, demasiado pesado o costoso. Esta es la razón por la cual la Estadística como Ciencia se suele clasificar en Estadística descriptiva, cuya misión es la de dar reglas y normas para decir como hay que recoger los datos, ordenarlos en tablas, representarlos gráficamente y analizarlos, es decir dar una serie de medidas que permitan manejarlos, y Estadística inferencial, cuyo objetivo es proporcionar procedimientos que permitan generalizar las propiedades obtenidas de la muestra a la población de la cual fue extraída.

En ese conjunto de unidades estadísticas, se miden u observan una o varias características, las cuales pueden o no ser cuantificables, dando lugar a lo que se conoce como caracteres cuantitativos o caracteres cualitativos, y a las diferentes situaciones de cada carácter se denomina valor o modalidad; así, si el carácter a estudiar es el aspecto de una sustancia, no cuantificable, las modalidades pueden ser: lisa, rugosa, polvo, granulada etc., si lo que se estudia es la concentración de una disolución, cuantificable, los valores serán los distintos números reales positivos.

Se conoce como variables estadísticas a la correspondencia que asocia a cada unidad estadística de la muestra la modalidad o valor del carácter objeto de estudio.

Considérese un experimento aleatorio cuyo espacio muestral sea el conjunto S . Una función con valores reales que está definida sobre el espacio muestral recibe el nombre de variable aleatoria (v.a. abreviadamente). Para cada v.a. se define la función:

$$F(x) = P(X = x)$$

que se conoce como función de distribución y da la probabilidad de que la variable aleatoria tome valores menores o iguales a un valor determinado.

Una variable aleatoria X , se dice que es discreta si sólo puede tomar un número finito de valores distintos, y se dice que es continua si puede tomar cualquier valor.

Existen varias distribuciones especiales de variables aleatorias, tanto discretas como continuas, que son muy utilizadas en aplicaciones estadísticas, de entre ellas se va considerar la de variable continua denominada "distribución normal".

Existen varias razones que pueden hacer ver la importancia de esta distribución (1). Podemos citar como primera de estas razones aquella que está directamente relacionada con sus propiedades matemáticas; así por ejemplo, si una muestra aleatoria es seleccionada de una población de una variable que sigue una distribución normal, suelen obtenerse explícitamente las distribuciones de varias funciones importantes de las observaciones muestrales que, además, resultan tener una forma sencilla.

Por tanto, desde un punto de vista matemático, resulta conveniente suponer que la población de donde se extrae una muestra aleatoria se ajusta a una distribución normal.

Otra razón es que, en cualquier campo de la investigación de las más diversas naturalezas (en el aseguramiento de la calidad en la industria, etc.), la distribución de sus observaciones se aproxima en buena media a la distribución normal. Es frecuente encontrar publicaciones de la distribución de edades, de pesos de individuos, de resistencias de materiales, o coeficientes intelectuales, etc. que siguen esta ley (2).

Y quizá la importancia de la distribución normal está basada en el "Teorema Central del Límite", que podemos enunciar diciendo: *supóngase que las variables $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ constituyen una muestra aleatoria de una distribución normal con media μ y varianza σ^2 y sea x^* la media de una muestra elegida aleatoriamente, entonces x^* tiene una distribución normal con media μ y varianza σ^2/n* . Incluso si la población de partida no sigue una distribución normal, la distribución de las medias de todas las

muestras extraídas, si el tamaño de las muestras es grande, también se aproxima a una distribución normal.

2. SIMULACIÓN

La aplicación que se presenta en este trabajo, tiene por finalidad simular algunas de las propiedades que hacen que su uso sea tan generalizado. Dentro del estudio que permite realizar esta simulación, destacan los siguientes apartados:

- Influencia de la media y desviación típica.
- Distribución muestral de medias.
- Estandarización de distribuciones normales.
- Distribución estándar.
- Área bajo la curva tipificada.

Una breve descripción de la función realizada por cada una de estas opciones es la siguiente:

- Influencia de la media y desviación típica: muestra la acción que sobre la distribución normal ejerce la variación del:

- Valor medio.
- Desviación típica.
- Ambos parámetros.

- Distribución muestral de medias: Permite obtener muestras a partir de una población, previamente definida, calculando sus estadísticos, y representar, junto con la curva de la población el intervalo de confianza, del 95%, de cada muestra obtenida. Las muestras obtenidas son memorizadas hasta un máximo de cien, y a partir de la décima, permite realizar una distribución muestral de medias.

- Estandarización de distribuciones normales: realiza la transformación de una población, definida inicialmente, en otras de distinta media y desviación típica, en función del desplazamiento del origen de coordenadas y del cambio de escala. Como caso particular se transformará la población inicial en una población normalizada.

- Distribución estándar: establece una comparación entre los valores límites, para obtener una misma fracción de área centrada en torno al valor medio, en función del valor medio y la desviación típica de la población. Como caso particular, permite la comparación con la población estandarizada.

- Área bajo la curva tipificada: permite calcular el área bajo la curva normalizada, en función del valor de z , para valores de $z \rightarrow 0$, bien en forma de tabla, bien mediante cálculo gráfico (3).

3. MODO DE OPERACIÓN

Seleccionando la opción *influencia de la media y desviación típica*, aparece en pantalla la gráfica correspondiente a una distribución normal, con unos determinados

valores iniciales de media y desviación típica, que pueden ser modificados, mediante unos marcadores de desplazamiento, con el uso del cursor (Ver Figuras 1 y 2).

Una opción en forma de botón permite dibujar la curva correspondiente a la población definida, con la posibilidad de elegir entre borrar o no las gráficas existentes previamente, y así establece un estudio comparativo entre los resultados obtenidos.

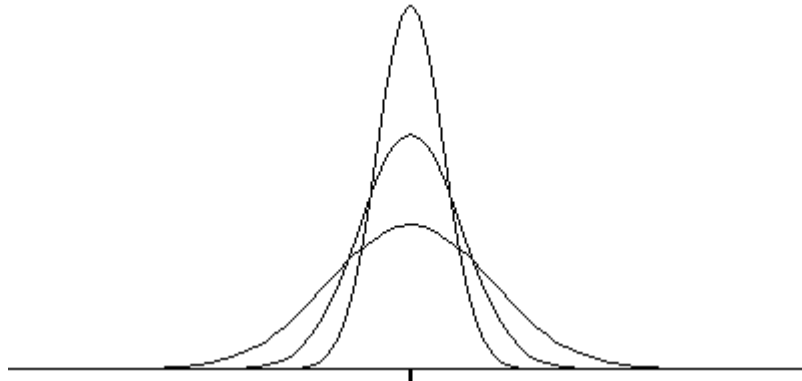


Figura 1. *Influencia de la desviación típica.*

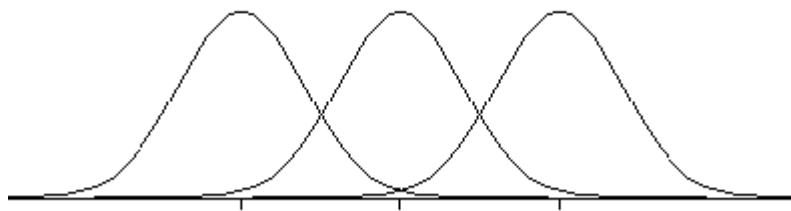


Figura 2. *Influencia de la media.*

- Seleccionando la opción *distribución muestral de medias*, aparecen en pantalla unos marcadores de desplazamiento mediante los cuales, y de forma análoga a como en la opción anterior, se definirán los parámetros de la distribución y el número de datos de cada muestra.

Una opción en forma de botón permite dibujar la gráfica de la población normal definida, los valores de la primera muestra, junto con sus estadísticos y su intervalo de confianza, el cual también se marca sobre el eje de la gráfica de la población de partida.

Repitiendo el proceso se van generando sucesivas muestras, que son memorizadas hasta un máximo de cien. A partir de estos valores cada nueva muestra sustituirá a la muestra memorizada más antigua, como se muestra en la Figura 3.

Cuando el número de muestras es igual o superior a diez aparece una nueva opción en forma de botón que permite realizar la distribución de los valores medios de las muestras obtenidas hasta ese momento, calculando sus estadísticos y realizando su representación junto con la de la población original, de esta manera se puede comparar sus medias y desviaciones típicas.

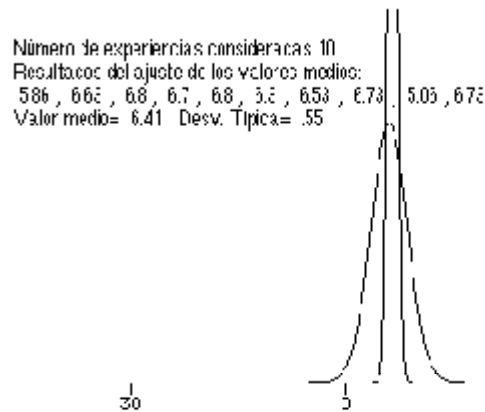


Figura 3. *Distribución muestral de medias y su original.*

- Seleccionando la opción *estandarización de distribuciones normales*, aparece en pantalla una población de partida, con unos determinados valores iniciales de media y desviación típica, y su gráfica correspondiente en la parte inferior. Esta población de partida se puede modificar, mediante unos marcadores de desplazamiento, de forma análoga a como en las opciones anteriores. Para representar la nueva población definida se hace uso de una opción en forma de botón.

Para fijar la posición del nuevo origen de escala, basta *pinchar* en la posición deseada del eje, y esa posición será tomada como nueva posición del origen. La diferencia entre la nueva posición y la original determina el valor *desplazamiento*.

Gráficamente se observa como la cota correspondiente al origen se ha desplazado a esa posición.

Para fijar el valor de la unidad de escala, se hará uso de un nuevo marcador de desplazamiento, que *pinchando* en la posición deseada haga a la nueva unidad n veces la unidad antigua. La relación entre los valores de la nueva unidad y la antigua determina el valor *factor*.

En función de los valores de *desplazamiento* y *factor*, se determinan los valores de los parámetros de la población modificada con distintos valores de media y desviación típica y, como caso particular, una población modificada de valor medio igual a cero y desviación típica igual a la unidad, lo que se conoce con el nombre de estandarización de la distribución.

Los valores de la nueva variable en función de la antigua vendrán dados por la relación: $Z = (x - \text{Desplazamiento}) / \text{Factor}$, como se indica en la Figura 4.

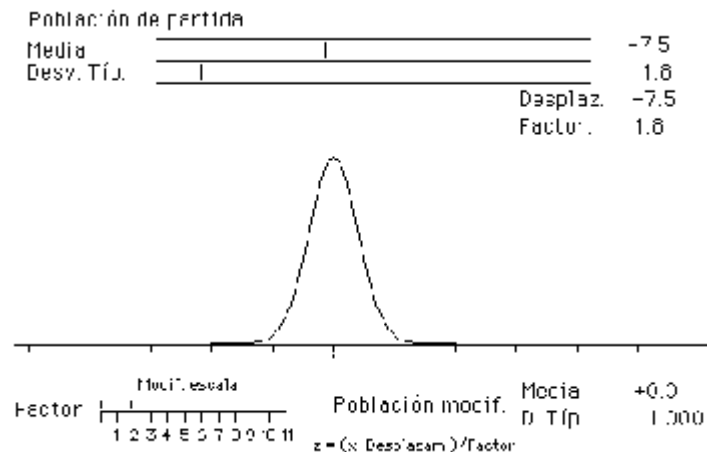


Figura 4. Estandarización de una distribución normal.

- Seleccionando la opción *distribución estándar*, aparece en pantalla una población de partida, con unos determinados valores iniciales de media y desviación típica, y seleccionada la fracción de área centrada igual a 0,5 de entre los valores posibles, (0,25; 0,5 y 0,75) y los valores límites de la variable que define esta fracción de área, como se indica en la Figura 5.

Se puede definir una nueva población haciendo uso de los marcadores, como en los apartados anteriores, así como seleccionar otra fracción de área centrada. En función de los parámetros de la población y de la fracción de área centrada, se obtendrán los correspondientes valores límites.

La representación de la población definida y de la fracción de área seleccionada se obtiene al *pinchar* sobre una opción en forma de botón.

Modificando los valores de los parámetros de la población, se puede observar la relación entre los valores límites que definen una misma fracción de área bajo la curva normal y, como caso particular, para la distribución de valor medio igual a cero y desviación típica igual a uno.

Combinando esta opción con la anteriormente analizada, estandarización de distribuciones normales, se podrá demostrar la posibilidad de obtener los valores límites que definen una determinada fracción de área, haciendo uso únicamente de la tabla correspondiente a una curva normalizada, la cual será objeto de la siguiente opción.

- Seleccionando la opción *área bajo la curva tipificada*, se puede obtener en pantalla la representación de la curva normal tipificada para valores de Z superiores a cero. Haciendo uso del cursor se puede seleccionar la cota deseada sobre el eje de

abscisa, con la posibilidad de realizar la integral gráfica. De esta manera se ilustra cómo se obtienen los valores del área bajo la curva para un determinado valor de la variable Z (ver Figura 6).

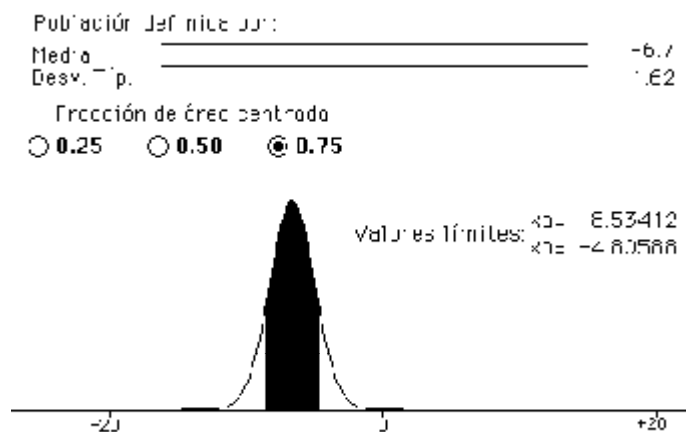


Figura 5. Valores límites para una probabilidad centrada determinada.

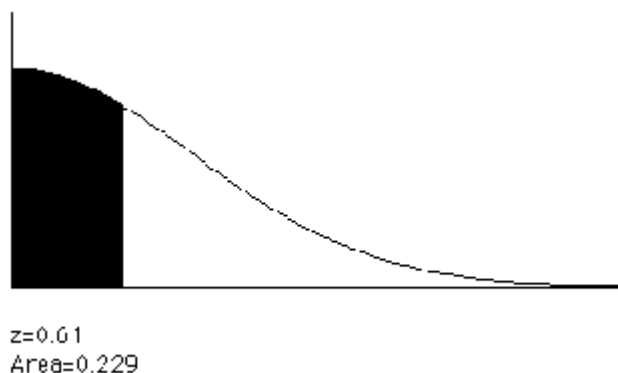


Figura 6. Área bajo la curva para valores de $Z > 0$.

REFERENCIAS

1. A. Fernández Tena, R. Ardanuy Albajar y M. Prieto García, *Cuadernos de Bioestadística y sus Aplicaciones Informáticas*, **1992**, Vol. 10 (1), 81.
2. M.J. Rivas and M.M. Prieto, *Rev. Mat. Estat.*, **2000**, Vol. 18, 27.
3. A. Fernández Tena y M. Prieto García, *CalPsicro*, Ed. I.U.C.E., Salamanca (1991).

LA QUÍMICA Y LA VIDA COTIDIANA

Manuel Calvo Hernando

Asociación Española de Periodismo Científico. calvo.m@apmadrid.es

*“En el mar privado de nuestro torrente circulatorio
llevamos una copia química, en miniatura,
del mar primitivo”.*

William Grey Walter en “El cerebro viviente”

La Química ha sido llamada no sólo una de las reinas de la Ciencia, sino el más bello juego de escondite entre el ser humano y la naturaleza. Una parte considerable de la calidad de vida actual se debe a la Química, aunque su mal uso ha originado muchos problemas.

Hoy es posible comprender la vida desde esta Ciencia, y descifrar la Química del universo. La Química está en el origen de la vida y en la sistematización de su naturaleza. Esta Ciencia ha evolucionado desde la Edad de Piedra hasta la actualidad. Es una disciplina sorprendente y ha ayudado a la humanidad a saber de qué se compone el mundo en que vivimos, cómo han progresado los organismos desde que eran menos que bacterias y ha permitido a la inteligencia humana repetir la naturaleza y crear materiales que no existían en ella. Hace 200 años, Lomonosov predijo genialmente que la Química extendería sus raíces a toda la actividad del hombre. Si de repente tuviéramos que prescindir de la Química, nos parecería haber retrocedido hasta el hombre de las cavernas.

La rama básica del dominio del hombre sobre su vida y su salud es esta Ciencia y gracias a ella la medicina ha realizado progresos sensacionales. Hoy, la síntesis de los medicamentos permite, por ejemplo, reducir la tensión arterial, regular la actividad del sistema cardiovascular, etc. Un grupo de medicinas sintéticas se ha utilizado para el tratamiento de las crisis de hipertensión y los productos para combatir los tumores malignos son cada día más eficaces. La Química y la ingeniería se combinan para desarrollar órganos artificiales que permitan realizar transplantes y los cirujanos se valen también de productos químicos, del mismo modo que las restantes especialidades de la medicina. Es difícil de enumerar todo lo que la Química hace por la medicina y la salud.

En los últimos tiempos, se ha producido un encuentro entre la Biología y la Química, que ha cambiado el rostro del mundo. Todavía en el siglo XIX existía una clara diferencia entre la Química y la Biología, y el advenimiento de la Bioquímica abrió las puertas a cambios drásticos en el arte de conocer el organismo y de curar sus problemas.

El profesor Ballester ha recordado que el interés del ser humano por la Química se remonta a los propios albores de la civilización. Nuestros ancestros aprendieron a transformar algunos materiales que la naturaleza brindaba a la humanidad y a mejorarlos, según sus necesidades o apetencias. Así se empezó a transformar la leche en queso, el mosto en vino, se curtieron las pieles, se transformaron los minerales en metales, se obtuvieron tintes vegetales, etc. Sin embargo, hasta mediados del siglo XIX las transformaciones químicas parecían no tener demasiado interés práctico. Pero pronto se vio que no era así.

Hoy, los materiales artificiales han llegado a superar a la naturaleza en muchos aspectos. Las fibras modernas han sustituido ventajosamente a las naturales y surgieron materiales como los plásticos, que no existían en la naturaleza; los detergentes, en lugar del jabón; o los colorantes, pigmentos y fertilizantes. Y se ha ido más lejos, cubriendo grandes necesidades como la refrigeración artificial y el control agrícola por hormonas y herbicidas, creando incluso los aerosoles para la medicina, la enfermería, la perfumería, la cosmética, la alimentación, las pinturas y barnices. Los farmacólogos de síntesis saben hoy reproducir combinaciones químicas complejas, extraídas originalmente de los vegetales y mejorar su acción. Radicalmente nuevos son los productos químicos que están mejorando y cambiando actividades tan decisivas como las ingenierías

La Química contribuye hoy a liberarnos de la esclavitud material e, indirectamente, a elevar nuestro espíritu. La Química promueve el progreso y el bienestar humano por el descubrimiento y la invención, principalmente. Dentro de la Química, la innovación tecnológica ha mejorado de modo radical las calidades, rendimientos, procedimientos, métodos y técnicas, y ha permitido conocer un buen número de leyes fundamentales, es decir, las relaciones esenciales que regulan las transformaciones químicas y que nos proporcionan un mayor dominio sobre la materia (1).

El profesor Martín Municio, recientemente desaparecido, hizo en *ABC*, en 1997, un "Elogio de la Química" (2) como un tributo entrañable a esta Ciencia y a sus hombres y mujeres representativos. En 1998 publicó, en el mismo diario, otro bello trabajo titulado "La Química romántica". En este último artículo afirmaba: "La pasión de la Química -más mística la alemana, más cartesiana la francesa-, la institución de la Química se entremezcló con las pasiones de la revolución; con la leyenda, todo lo apócrifa que se quiera, de *la République n'a pas besoin de savants*.

Dos libros importantes en la divulgación científica (entre otros muchos), *La Ciencia como escritura*, de Locke (3), y *Savants et Ignorants*, de Raichvarg y Jacques (4), contienen aspectos de interés sobre la Química y su popularización. Locke cita la advertencia de los escritores químicos Louis y Mary Fieser a un químico neófito sobre cómo componer un artículo científico y señalan los defectos que deben evitarse. Los autores de *Savants et Ignorants* recuerdan que la divulgación de la Química es muy especial en relación con la de otras disciplinas, ya que las publicaciones de los

alquimistas se sitúan en lo opuesto de la difusión, y citan a una señora, Marie Meurdrac y su libro de Química “en favor de las damas”.

REFERENCIAS

1. M. Ballester, *Arbor*, Junio (1968).
2. A. Martín Municio, *Elogio de la Química*, ABC, 11 Enero (1997); *La Química romántica*, ABC, 7 Febrero (1998).
3. D. Locke, *La Ciencia como escritura*, Ed. Frónesis Cátedra, Universidad de Valencia (1997).
4. D. Raichvarg y J. Jacques: *Savants et Ignorants. Une histoire de la vulgarisation des Sciences*, Ed. Seuil, París (1991).

DIFUSIÓN DE LA QUÍMICA EN LOS MUSEOS DE CIENCIA

Pablo Martínez Mena, Jerry Tchadie Fuentes

Museo Nacional de Ciencia y Tecnología
Paseo de las Delicias 61, 28045-Madrid. jerry.tchadie@mcyt.es

Se analiza el papel que juegan los Museos y Centros de Divulgación Científica en la difusión de la Química, desde el punto de vista de las colecciones, las exposiciones y otras actividades, o recursos didácticos, centrándonos en el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (M.N.C.T.) de Madrid.

1. LA QUÍMICA EN LOS MUSEOS Y CENTROS DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

Encuestas realizadas a ciudadanos de países europeos revelan que las dos terceras partes se sienten escasamente informados sobre Ciencia y Tecnología, a pesar de que casi la mitad admite estar interesado en estos temas.

Las áreas científicas que más interés despiertan son la Medicina y la Ecología, ambas estrechamente relacionadas con la Química a través de la Farmacología, la Bioquímica, la contaminación,...; mientras que, más concretamente, los temas científicos sobre los que las personas encuestadas aseguraron estar mejor informadas son la polución, el “mal de las vacas locas”, el efecto invernadero, el agujero de la capa de ozono y el calentamiento global. Vemos pues, que la Química se encuentra entre los intereses de la sociedad.

La difusión de la Química debe ser considerada, pues, como un imperativo por numerosas y diversas instituciones: instituciones gubernamentales, museos y centros de divulgación científica, centros educativos, empresas e industrias, sociedades científicas, etc.

Los Museos y Centros de Divulgación Científica constituyen dos de los ámbitos más adecuados para la difusión de la Química. Colecciones de instrumentos, montajes interactivos, exposiciones temporales, conferencias, talleres infantiles, etc. son recursos utilizados por estos Centros para mostrar la importancia de la Química en nuestra sociedad.

Sin embargo, la labor de los Museos debe contemplarse con espíritu crítico: menos de la quinta parte de los europeos había visitado un Museo de Ciencia o Tecnología en el último año (siendo la situación en España peor que en el resto de países europeos), mientras que la televisión se ha convertido en el principal medio al que recurren los europeos para obtener información científica.

2. MUSEOS DE CIENCIA, CENTROS DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA, MUSEOS DE INDUSTRIA, ARTES Y OFICIOS, Y FARMACIA O MEDICINA

Se diferencian tres tipos de Museos que son potenciales difusores de la Química: los Museos de Ciencia, los Centros de Divulgación Científica y los Museos de Industria, Medicina o Farmacia y Artes y Oficios. Cada uno de estos Centros cumple una función específica frente a la sociedad, aunque en muchas ocasiones realizan actividades similares.

2.1. Las colecciones de los Museos de Ciencia

La característica que diferencia a los Museos de Ciencia de otros Centros de difusión de la Ciencia es precisamente ser custodios de parte de nuestro patrimonio, en forma de colecciones de objetos, que reconstruyen una parte esencial de nuestra historia. Las colecciones históricas juegan un papel muy importante a la hora de difundir la Ciencia, ya que son reflejo de la evolución del conocimiento científico, así como del impacto del progreso científico y técnico en la sociedad.

Un Museo, no sólo está obligado a mantener sus colecciones en un estado de conservación adecuado y realizar trabajos de investigación sobre sus colecciones, sino que debe difundir sus contenidos y los resultados de sus investigaciones a su entorno social, aplicando siempre los mejores recursos didácticos de que disponga. Visitas guiadas, paneles explicativos de la exposición, catálogos, videos y reportajes televisivos, reproducciones interactivas de piezas, multimedia, la animación infográfica de las piezas o las páginas *web*, son algunas de las herramientas de las que dispone un Museo para difundir su contenido.

Las colecciones históricas de instrumentos de Química suelen ser menos numerosas que las de otras ramas de la Ciencia, como la Física o la Astronomía, lo cual puede deberse a diversas razones como, por ejemplo, el lento desarrollo de instrumentación en Química, hasta el siglo XVIII (1). Es a partir de este siglo, época dorada de la Química, cuando surge una explosión en la producción de instrumentos científicos aplicados a la Química, encaminados a la práctica cuantitativa de esta Ciencia. Antes de este siglo, la mayor parte de instrumentos dedicados a la Química, son en su mayoría útiles de laboratorio y múltiples derivados de instrumentos destiladores.

Otro problema que se encuentran las colecciones de Química es su conservación, ya que un gran porcentaje de las piezas pertenecientes a esta disciplina son de vidrio, lo que dificulta su conservación a lo largo del tiempo. También son objetos que se utilizaban en el trabajo diario de laboratorio, lo que implica que han estado sometidos a un uso frecuente y a agentes químicos que generalmente son nocivos para los materiales constituyentes del instrumento.

A pesar de estas pequeñas dificultades, se conservan colecciones de objetos relacionados con la Química, tanto en Museos, como Facultades o Centros de

investigación, que representan perfectamente esta parte de nuestro patrimonio, entre ellos el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología.

2.2. Museos de Industria, Medicina o Farmacia, Artes y Oficios y su relación con la Química

Existe un gran número de Museos en nuestro país dedicados a las prácticas industriales, los oficios artesanales o la Medicina, que suelen encontrarse en fábricas antiguas o Universidades. No hay que olvidar que la mayor parte del desarrollo de la Química se debe a estas actividades, y que sus prácticas habituales encierran un gran conocimiento químico; de hecho, el primer libro impreso que se considera que recoge parte del conocimiento químico (que no alquímico), nacido de la investigación y la observación fue una recopilación de los saberes, “artesanos”, sobre metalurgia, llamado “*De Re Metalica*” (Georgius Agricola, 1556).

De manera que, en estos Museos, es fácil hallar objetos, instrumentos científicos o procesos de fabricación, relacionados con la Química. Si se hiciera una lista encontraríamos los museos de minería, de fabricación de cerámicas o vidrios, museos de farmacia y boticas, de anatomía o forenses, de criminalística, museos de los alimentos, del calzado y el cuero, de enología o de la cerveza, de perfumería, entre otros.

Un ejemplo interesante de esto es el Museo de Farmacia Hispana (2), que dispone de una sala que reproduce un laboratorio yatroquímico, correspondiente al período en el que, a través de la Alquimia, se introdujo el medicamento químico en el arsenal terapéutico. En un ambiente sombrío, con techos abovedados y gran profusión de animales disecados colgados de los techos y paredes, se encuentran todos los útiles del alquimista. Esta representación muestra de manera gráfica los orígenes de la relación entre la Química y la Medicina.

Generalmente estos Centros no aplican una didáctica especial en Química; sin embargo, sí ponen de manifiesto la naturaleza práctica de esta materia y también su historia, por lo que guardan un gran potencial didáctico que podría ser explotado.

Utilizar lo que muestran estos Museos como punto final de un tema que ha sido estudiado en el aula por los alumnos, las visitas guiadas, sus catálogos o páginas web son los elementos didácticos que quizás pueden permitir un mejor aprovechamiento de estos Centros.

2.3. Exposiciones en Museos y Centros de Divulgación Científica

Los Centros de Divulgación Científica (*Science Centers*) son instituciones que actualmente están muy en auge, compuestos por módulos interactivos, excelsos medios y exposiciones temporales con gran atractivo para el público. La mayor parte de los Centros que se dedican a la difusión de la Ciencia en España, entran dentro de esta categoría.

Los interactivos son pieza fundamental dentro de la moderna filosofía de la difusión de la Ciencia en Museos y Centros de divulgación científica (*hands-on activities*). Podemos definir un módulo interactivo como un elemento que se encuentra dentro de una exposición y que explica la ley que rige algún proceso o muestra las propiedades de un sistema determinado, permitiendo al visitante comenzar la demostración a voluntad o cambiar sus condiciones. Sin embargo aunque haya proliferado en gran medida este tipo de medio para la difusión de la Ciencia, no han conseguido desarrollar módulos interactivos que expliquen la Química de manera tan gráfica como se ha conseguido con otras áreas de la Ciencia como la Física o las Ciencias Naturales.

Otro problema es la naturaleza microscópica de los procesos químicos, ya que esta cualidad dificulta relacionar la explicación con la observación, que evidentemente es macroscópica. No hace falta profundizar hasta la mecánica cuántica para explicar fenómenos cotidianos relacionados con la acústica, la óptica, la mecánica,... Pero no se puede explicar el porqué de una reacción ácido-base sin recurrir al microcosmos.

En los últimos años se ha hecho popular incluir la Ciencia de Materiales como una nueva área dentro de las exposiciones. A través de las propiedades de los nuevos materiales se introducen conceptos como su síntesis química, su estructura molecular o cristalina, la relación entre su composición o estructura con sus propiedades especiales, etc. Este interés ha mejorado en mucho la capacidad de llegar al público de las exposiciones de Química, tendiendo un puente a la hora de relacionar el invisible mundo microscópico con el mundo macroscópico en el que se realizan las observaciones.

A principios de los noventa se detectaron estas deficiencias y surgió una iniciativa que pretendía resolver esta situación. Quince Museos de Ciencia y Centros de Divulgación Científica de trece países, entre ellos España, tomaron parte en el proyecto, denominado *Chemistry for Life* (www.chemforlife.org). Se debatió cómo debía presentarse la Química en los Museos para que resultase atractiva, clara y objetiva e intentar eliminar la imagen negativa de la Química que mantiene el público. Los Museos participantes aunaron fuerzas bajo el auspicio de la ECSITE (*European Collaborative for Science, Industry and Technology*) y CIASU (*Chemical Industry Association for Scientific Understanding*) y con la colaboración del *European Chemical Industry Council*.

En el proyecto se incluían interactivos, demostraciones, talleres, videos explicativos, programas multimedia, etc. El proyecto puede ser aprovechado por todos los Museos interesados y, al no ser una iniciativa enteramente privada, cualquier Museo puede adquirir cualquier elemento que se incluye en el proyecto, pagando solamente los gastos de material, instalación y adaptación a su espacio.

3. COLECCIONES HISTÓRICAS EN EL MUSEO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

El Museo Nacional de Ciencia y Tecnología fue creado en 1980 y es a partir de 1982 cuando llegan las primeras piezas. Cuenta con una colección de más de 12.500 piezas, constituida por instrumentos científicos y objetos relacionados con la tecnología, que provienen tanto de centros de enseñanza, como de antiguas fábricas o instituciones científicas. El primer lote de piezas que llega al Museo se compone de más de 2000 objetos provenientes del Instituto de Enseñanza Secundaria San Isidro, de Madrid. Este Instituto, que fue referencia de la Enseñanza Media de Madrid durante el siglo XIX, heredó una rica colección de instrumentos de la Real Academia de Matemáticas (1582), creada por Felipe II, el Colegio Imperial (1609), fundado por Felipe IV y los Reales Estudios de San Isidro (1770). Esta colección que ahora se encuentra en los fondos del museo está compuesta por objetos de Astronomía, Física, Química, Topografía, etc..



Figura 1. *Balanza de precisión (1850-1880).*

En 1995 se incorporan aproximadamente 850 piezas a la colección del Museo, como depósito temporal, provenientes de la Facultad de Físicas de la Universidad de Madrid.

Además de estas aportaciones, el Museo cuenta con una importante colección repartida de grupos de piezas, que provienen de distintas fuentes y que responden a

distintas áreas temáticas: telefonía, telegrafía, radio, televisión, imprenta, industria, cinematografía, sonido, agricultura, automoción, tecnología del hogar, etc..

La colección de instrumentos de Química está compuesta por más de 300 objetos que provienen en su mayoría del Instituto San Isidro y de la azucarera Antequerana S.L.. Es una colección bastante modesta; sin embargo, se puede encontrar en ella instrumentos que acontecieron cambios importantes en la historia de la Química a finales del siglo XIX y principios del siglo XX, como varios modelos de espectroscopios, colorímetros y sacarímetros. Inventados durante el siglo XIX, revolucionaron las técnicas de análisis en Química. La presencia de balanzas analíticas en la colección es notable y altamente representativa, ya que, el establecimiento de las leyes químicas mediante métodos cuantitativos, a finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX, convirtió a la balanza en herramienta indispensable del químico y protagonista del nacimiento de la Química actual.



Figura 2. *Espectroscopio (1870-1900).*

Entre todos estos complejos instrumentos (ver a modo de ejemplo las Figuras 1 y 2) se encuentra una representación de instrumental de vidrio utilizado para diversas operaciones químicas, morteros, hornillos refractarios y otros muchos instrumentos utilizados en Química, como colorímetros, ebulómetros, eudiómetros, densímetros, entre otros.

5. INSTRUMENTOS DE QUÍMICA EN LA EXPOSICIÓN DEL MUSEO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Dentro de la propia exposición del Museo, ubicada en la sala de Ciencias experimentales, la Química comparte vitrina con la Biología y la Geología (3). En ella se encuentra una pequeña selección de objetos e instrumentos relacionados con la

historia de la Química, como un alambique, una nitradora, o un rotor de ultracentrífuga. En la Figura 3 se observa la distribución de toda las áreas temáticas de la exposición. Claramente, la Química no es una de las que mejor representadas se encuentra, mientras que otras, como la Astronomía y la Física, son disciplinas ampliamente representadas.

Hay que entender que los núcleos principales de la colección del Museo están compuestos por instrumentos de Física que provienen de importantes instituciones, y que entre los instrumentos más antiguos, que representan una etapa temprana en la Ciencia de España, se encuentran los instrumentos de Astronomía, formando lo que se puede considerar como las “joyas del museo”.

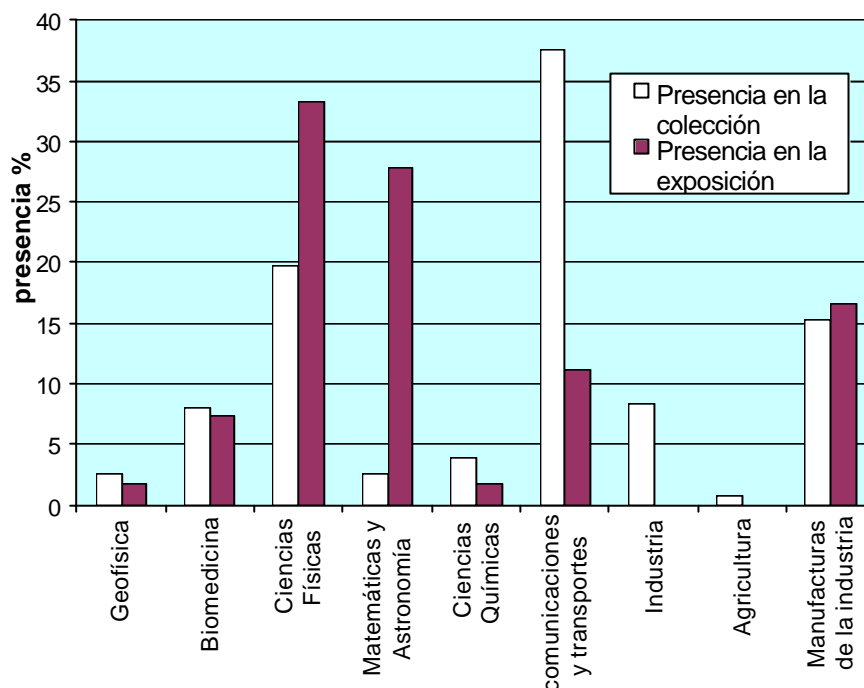


Figura 3. Distribución de la colección y de la exposición en el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología.

El espacio expositivo del que dispone el Museo está muy limitado. Se reduce a 1000 m² aproximadamente, de modo que esto impide exponer muchos objetos que serían de gran interés, como las máquinas de gran tamaño de la sección de industria de la colección.

5. ACTIVIDADES DE DIFUSIÓN DE LA QUÍMICA EN EL MUSEO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Entre las diversas actividades que lleva a cabo el M.N.C.T. para divulgar la Química, una de las más exitosas han sido los “Maratones Científicos”. Éstos consisten en una serie de breves conferencias (no más de media hora) que transcurren a lo largo de una tarde entera. Están dirigidas a un público no especializado y se incentiva la participación de la audiencia mediante preguntas y comentarios.

Este curso 2002-2003 se han programado dos Maratones relacionados con la química (de un total de ocho): uno sobre el Cambio Climático coordinado por el Prof. Alario Franco, Catedrático de la Universidad Complutense de Madrid, y que gozó de una gran audiencia, y otro sobre Nuevos Materiales, coordinado por los investigadores Caballero Cuesta y Martínez Cáceres, del Instituto de Cerámica y Vidrio (C.S.I.C.). El M.N.C.T. considera que la difusión y la comunicación es una de las principales responsabilidades de los científicos y por lo tanto se presta como foro donde tenga lugar un contacto directo entre éstos y la sociedad.

Otras actividades, éstas dirigidas a niños entre 8 y 14 años, son charlas informales impartidas por científicos y talleres desarrollados por monitores del Museo. Encuestas realizadas a los niños que han asistido a nuestras actividades revelan que sus intereses se centran fundamentalmente en las Ciencias Naturales (animales, plantas y minerales), quizás porque el currículo de educación primaria se centra en estos aspectos. Sin embargo, también mostraron preferencia por la Química, disciplina que se puede integrar fácilmente en sus conocimientos a través de temas tales como la nutrición, el agua, el entorno natural,... Esto nos lleva a pensar que la Química puede empezar a ser divulgada a temprana edad, y que quizás esto ayude a que la sociedad juzgue el papel que desempeña en nuestra vida de manera menos negativa.

Durante los cursos 2001-2002 y 2002-2003 se han realizado tres talleres de Química: “La cocina huele a azufre”, “Materiales mágicos” y “Química electrizante”.

En “La cocina huele a azufre” se enseñaba a los participantes a reconocer, a través de los sentidos, diversas sustancias químicas de uso doméstico: lejía, amoníaco, huevo podrido, vinagre,... explicándoles sus usos o peligros, siendo entonces una actividad no sólo instructiva sino también muy educativa. Una imagen de esta actividad se muestra en la Figura 4.

En el taller “Materiales mágicos” los participantes experimentaban las misteriosas propiedades de la papilla de maíz, un fluido magnético (una suspensión de limaduras de hierro en aceite) o fabricaban una pelotita con un polímero. Éste ha sido el taller más solicitado los dos años que se ha programado, entre otros talleres de Astronomía, Meteorología u Óptica.

En el taller “Química electrizante”, los niños fabricaban una batería de plomo y realizaban una electrodeposición de zinc sobre una moneda de un céntimo de euro.



Figura 4. *Desarrollo de un taller de Química en el Museo.*

La colaboración con Institutos y Colegios se plasma en el ciclo “Chicos y grandes en el Museo”, por el que el Museo cede a los Centros que colaboran en la Feria Madrid por la Ciencia un espacio para que muestren sus proyectos científicos. La política del M.N.C.T. de hacer del visitante un protagonista de las actividades educativas, no tan sólo un receptor, llega incluso a que los jóvenes que participan en este ciclo realicen también visitas guiadas al público. Esto permite que conozcan mejor la labor de los Museos.

Finalmente, otro proyecto que se desarrolla actualmente en el Museo es “Movimientos”, con animaciones informáticas de las piezas en exposición instaladas en monitores con pantalla táctil. Esto permite una mayor comprensión del funcionamiento de las mismas, uno de los grandes problemas con que se encuentra el visitante ante una pieza colocada en una vitrina.

6. CONCLUSIONES

La acogida de las actividades del M.N.C.T., así como las apreciaciones de las personas que han participado junto con el Museo en la organización de las mismas, nos indican que es necesario una mayor coordinación y colaboración entre todas las instituciones responsables de la difusión de la Química: Museos y Centros de Divulgación Científica, Universidades, Institutos y Colegios, Sociedades, Empresas,

etc. Aunque se han llevado a cabo algunas iniciativas en este sentido, todavía estamos lejos de la situación de otros países, en los que las empresas químicas participan activamente y colaboran con Museos en la educación científica de la ciudadanía, por ejemplo.

La historia de la Química es un recurso imprescindible a la hora de dar una visión integral de la disciplina. Colecciones de instrumentos, fábricas e industrias con valor histórico, etc., deben ser potenciadas y dadas a conocer entre los profesores y el público en general. Además, una de las grandes dificultades con que se encuentran los Museos de Ciencias con colecciones de instrumentos es el poco valor que se suele dar a su conservación por parte de las instituciones científicas que los poseen. Por esto, debería concienciarse a los centros de investigación, laboratorios, universidades y empresas, del importante papel que pueden jugar a la hora de conservar el patrimonio científico.

REFERENCIAS

1. G. Einaudi (Ed.), *Storia delle scienze, GLI strumenti*, Torino (1999).
2. Consejo Social de la Universidad Complutense de Madrid, *El Museo de la Farmacia Hispana*, Madrid (1993).
3. Ministerio de Educación y Cultura, *Abriendo las puertas a la Ciencia; guía didáctica*, Madrid (1997).