DIDACTICA DE LA QUÍMICA Y VIDA COTIDIANA

Delectando pariterque monendo

RESUMEN

En este artículo, destinado especialmente a docentes de Química de los distintos niveles educativos, se incide en la necesidad de complementar la enseñanza de esta Ciencia con ejemplos y ejercicios extraídos de la vida cotidiana, con objeto de favorecer la motivación de los alumnos para el aprendizaje. Se expone la relación entre la Química y la vida cotidiana en el ámbito educativo, desde una doble vertiente: por una parte, la aplicación de esta Ciencia para explicar fenómenos habituales y, por otra, la utilización en la enseñanza de ejemplos de la vida diaria para facilitar la comprensión de conceptos químicos de cierta dificultad, esto es, desarrollando analogías. Se sugiere también la necesidad de divulgación de la Química en la sociedad; por último, se ofrecen referencias bibliográficas y direcciones de Internet donde se abordan estos temas en casos concretos.

Gabriel Pinto Cañón
Departamento de Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente,
E.T.S. de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid,
José Gutiérrez Abascal 2,
28006 Madrid.
gpinto@iqi.etsii.upm.es

INTRODUCCIÓN

Una de las paradojas que conlleva la práctica docente de la Química es que, siendo la Ciencia que estudia la estructura, propiedades y transformaciones de la materia y, por tanto, estudia cuestiones que en muchos casos son esenciales y básicas, para su comprensión hace falta conocer una serie de conceptos y términos, que se presentan a una gran parte de los alumnos como extraños y ajenos a la realidad. Así, el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química, en los diversos niveles educativos, se encuentra con ciertas dificultades, como son:

- Se requiere, por parte de los alumnos, un razonamiento capaz de relacionar la estructura microscópica (recogida en conceptos como átomo, mol, enlace, electrones, etc.) y el comportamiento macroscópico de las sustancias (aspecto, propiedades, etc.).
- La utilización de un lenguaje técnico, con conceptos científicos y la propia nomenclatura química, que suelen ser extraños, tanto para los alumnos de las materias relacionadas como para el público en general.

En otras palabras, es frecuente que los conceptos mal asimilados y la propia jerga química, no habitual, impidan a los alumnos comprender esta Ciencia.

Además de estas dificultades metodológicas, la Química se encuentra con que la sociedad a menudo tiene una percepción distorsionada de ella. Si bien desde "dentro", los docentes de esta disciplina suelen asumir que es una Ciencia central, y que está en la base de cuestiones tan variadas como, por ejemplo, fármacos, plásticos, fertilizantes, pilas, insecticidas, productos de limpieza, disolventes, cosméticos, adhesivos, conservantes, etc., desde "fuera", frecuentemente, es sinónimo de oscuridad, alteración de alimentos, y contaminación. Incluso la imagen que tiene la sociedad de los químicos o investigadores suele ser curiosa: en la **figura 1** se muestra el dibujo de un anuncio, aparecido durante la pasada década en los medios de comunicación, donde la expresión de la mirada y la forma de la mano del científico excéntrico ilustran esa imagen que se tiene a menudo sobre estos profesionales.

Así, por ejemplo, un hecho como la potabilización del agua, mediante utilización de cloro, que ha contribuido a erradicar enfermedades como el cólera, la disentería, o las fiebres tifoideas[1], que probablemente han sido la causa de más muertes que todas las guerras de la Historia, no es percibido como un logro de la Química y, sin embargo, el propio nombre del elemento cloro produce a veces cierto rechazo.

Figura 1. *Imagen de un químico, aparecida en un anuncio publicitario de finales del siglo XX, donde se incluía el texto: "¿Sabe cuál es la fórmula para conseguir gasolina gratis?".*

APRENDIENDO QUÍMICA CON HECHOS DE LA VIDA DIARIA

Una de las técnicas metodológicas más recomendadas, en los distintos niveles educativos, a los docentes que imparten asignaturas de Química, con objeto de motivar a los alumnos en el aprendizaje y mantener su interés, es la utilización de ejemplos de la vida diaria. De esta manera, además, se ilustra la importancia de esta Ciencia en el mundo contemporáneo [2,3].

Existen diversos métodos para introducir ese tipo de ejemplos, como son el análisis de noticias aparecidas en los medios de comunicación [4-6], la elaboración de trabajos breves sobre productos químicos de interés[7], o la búsqueda por los alumnos de cuestiones próximas a ellos relacionadas con la Química[8]. Acerca de estos métodos y de otras técnicas complementarias, Jones y Miller [9] ofrecen una amplia bibliografía. Además, en su estudio, exponen los resultados, altamente satisfactorios, alcanzados en su experiencia docente de la Química de primer curso universitario, al organizar en el aula, con participación de los alumnos, sesiones semanales (de 10 a 20 minutos de duración), que titulan "*Química en el Mundo Real*".

Si bien prácticamente todos los libros de Química modernos, especialmente en enseñanza secundaria y primeros cursos universitarios, incluyen secciones del tipo "*Química en acción*" [10,11], "*Mural de las Ciencia*" [12], "*Atención a...*" [13], "*Aplicaciones de la Química*" [14], y "*Disgresión química*" [15], ..., con objeto de hacer más atractiva la materia y favorecer su aprendizaje, la mayoría de los alumnos no suele prestarles atención [9].

Un estudiante de bachillerato o universitario de Química debería conocer, por ejemplo, qué es la lejía o que el amoníaco, a pesar de estar almacenado en los hogares en botellas que contienen un líquido de olor característico, es un gas en condiciones habituales. A título ilustrativo, cuando el autor de este artículo explica a sus alumnos de primer curso universitario las características y propiedades del nitrógeno, tras resaltar que es el componente mayoritario del aire, indica que hay una errata en el texto de clase, y les sugiere que tachen donde se indica que es un "gas incoloro", porque se trata en realidad de "*un gas rojizo de olor nauseabundo";* al terminar la clase, el autor indica a sus alumnos que se ha cometido intencionadamente un error. Entre cientos de alumnos que han vivido esta anécdota en los últimos años, ninguno se ha dado cuenta de que el principal componente del aire no puede reunir esas características. Aparte del hecho anecdótico en sí, que demuestra por ejemplo que frecuentemente, para un alumno, lo que indica el profesor en clase es incuestionable, es un paradigma de cómo para el alumnado, en ciertos momentos, llega a ser indiferente lo que está explicando el profesor.

Obviamente, la didáctica de la Química entraña dificultades semejantes en los diversos sistemas educativos. Así, en el entorno británico, Cole y col. [16] destacan entre los problemas de la enseñanza de la Química en cursos universitarios, los siguientes:

- Los estudiantes perciben poca relación entre lo estudiado en el temario y el mundo real.
- Se dedica poco tiempo a estudiar temas de Química de actualidad.
- Los estudiantes estiman que tienen que absorber gran cantidad de conocimientos antes de hacer aplicaciones prácticas.
- Los estudiantes tienen dificultad a la hora de relacionar entre diversas ramas de la Química (inorgánica, orgánica, física y analítica), cuando se enseñan de forma separada.
- La relación entre la teoría y el trabajo práctico es a veces poco evidente.
- No se hace suficiente énfasis en aspectos sociales de la Química.
- Los alumnos no dominan bien las matemáticas necesarias para esta disciplina.

El presente artículo se centra en parte de estos problemas: no es frecuente en la práctica docente de Química la relación entre conocimientos químicos y cuestiones de la vida diaria, próximas y bien conocidas por los alumnos.

La sección de Educación de la Sociedad Americana de Química expuso hace unos años que "*la comprensión de la Química por parte de la ciudadanía es pobre, al percibir en gran medida que los productos químicos contaminan el medio ambiente y sin apreciar las implicaciones de esta Ciencia en la vida diaria*" [17]. Esta situación es debida, a juicio de Cole [18], al menos parcialmente, a que algunos científicos no explican bien sus trabajos en términos que puedan ser entendidos por el público general, y a que algunos educadores no pueden ver nada más allá del examen de final de curso.

No sólo los alumnos, sino cualquier ciudadano actual, debería estudiar y conocer algo de Química, dado que esta Ciencia es necesaria, entre otras cuestiones, para comprender multitud de aspectos a los que se alude de forma continua en los medios de comunicación: efecto invernadero, lluvia ácida, agujero de ozono, pilas alcalinas, pH, corrosión, carga de batería (del teléfono móvil o de la cámara fotográfica), entre otros. En este sentido, Holman [19] señala, entre los motivos más importantes para justificar esta necesidad de formación química para el ciudadano medio, los siguientes:

- Utilitario; es útil para la vida diaria.
- Económico; un país necesita científicos, doctores e ingenieros.
- Democrático; todo el mundo necesita algo de Ciencia para

participar en debates sobre política pública.
- Cultural; la Ciencia es parte de la cultura moderna.
Para cubrir estas necesidades, Holman [19] resume los conocimientos de Química necesarios para el ciudadano medio en los aspectos que están recogidos en la **tabla 1.**

DIVULGACION DE LA QUIMICA

Todo lo expuesto anteriormente plantea un reto para el profesorado de Química: relacionar la Química explicada en el aula con cuestiones de la vida diaria, para favorecer la motivación de los alumnos en su aprendizaje. Se trata de una doble vertiente. Por una parte, cómo los conceptos y métodos de esta Ciencia sirven para explicar los fenómenos habituales y, por otra, de cómo se pueden utilizar cuestiones cotidianas para facilitar la comprensión de conceptos químicos de cierta dificultad, esto es, desarrollando analogías.
El reto que se plantea a los docentes en este artículo no se circunscribe a lo que se conoce como Química recreativa, mágica o divertida, sino que es una cuestión más amplia Sin embargo, sí se valoran estas ramas de la Química, altamente interesantes por su aspecto divulgativo, con abundante bibliografía al respecto en la actualidad, como los textos de Roesky y Möckel [20] y de Ford [21], pero también con libros ya centenarios, como el de Tissandier[22], en el que explica una Física sin aparatos y una Química sin laboratorio, con cerca de 800 grabados.
En esta línea de Química recreativa o divulgativa, hay profesores universitarios, como Bassam Z. Shakhashiri [23], que dedican grandes esfuerzos a la cuestión, e incluso hay empresas de ocio educativo para colegios, ayuntamientos o centros comerciales[24]. Además, se difunden cuestiones de este tipo en los Museos de Ciencia [25-27], afortunadamente cada vez más numerosos e interactivos. Todas estas acciones son positivas, porque provocan (o al menos lo intentan) una reacción favorable hacia el mundo de la Química entre la ciudadanía y, de forma especial, entre niños y jóvenes.
Hace ya cerca de diez años, diversos Centros y Museos Científicos de Europa elaboraron un proyecto conjunto para divulgar de un modo accesible entre el público general (especialmente entre los jóvenes), una mejor comprensión de la Química en la vida cotidiana [28,29]. El proyecto se centraba en ocho temas globales para estimular el interés hacia esta Ciencia y mostrar que no es tan abstracta y difícil de comprender como a veces parece, sino que aporta conocimientos esenciales para la vida diaria. Los temas y contenidos se resumen en la **tabla 2**. Se han llevado a cabo, dentro de este proyecto, toda una serie de iniciativas donde se plantea que la Química es el centro de la aventura científica e industrial del siglo XXI.
De entre los muchos ejemplos de entidades y docentes que se han dedicado a la divulgación de la Química, cabe destacar, a modo de curiosidad, la labor desarrollada por el profesor (y coronel) Brian D. Shaw [30], que falleció en noviembre de 1999, a los 101 años de edad. En 1924 empezó a impartir conferencias por los pueblos del Reino Unido, a los que acudía en motocicleta, divulgando temas tan variados como los referidos a motores de

PRINCIPIOS	IMPORTANCIA PARA ENTENDER
1.Todo está hecho de átomos y moléculas: - son muy pequeños, - se mueven continuamente.	Todo lo demás. Por qué los sólido, líquidos y gases se comportan como lo hacen.
2.Los compuestos químicos tienen una composición fija e invariable: - todas las sustancias están hechas con aproximadamente cien elementos, - cada compuesto químico puro tiene una fórmula fija, - muestras de un mismo compuesto químico son idénticas en composición, independientemente de cómo se haya preparado.	Idea de pureza. Idea de concentración. Idea de composición constante.
3.Idea de cambio químico:Cuando ocurre un cambio químico, los átomos se unen de forma diferente, y se forman sustancias nuevas con distintas propiedades.	Diferentes efectos biológicos de elementos y compuestos. Lo que hace la industria química.
4.Idea de que las propiedades de las sustancias dependen de su estructura molecular: la geometría de las moléculas de una sustancia y la manera como se mantienen unidas determina cómo se comporta esa sustancia.	Estructura de la materia. Cómo los químicos diseñan materiales, medicamentos, etc. con propiedades particulares.
5.Poder y limitación de la Ciencia: - cómo los científicos intentan responder cuestiones,- hay cuestiones que la Ciencia puede responder y otras que no.	Consideración de aspectos éticos de la Ciencia. Evaluación de temas científicos en los medios de comunicación.

Tabla 1. *Principios fundamentales de Química que debería conocer un ciudadano medio, según Holman [19].*

TEMA GLOBAL	CONTENIDO
¡Tú eres química!	Química del cuerpo humano.
¡...y también lo es el resto del universo!	La Química es una Ciencia multidisciplinar que tiene que ver con todas las Ciencias que, de una u otra forma, versan sobre la materia: biología, farmacia, paleontología, astrofísica,...
La Química inventa nuevos materiales a la carta.	La Química permite preparar nuevos materiales con propiedades específicas.
No existen copias mejores o peores de las moléculas: ¡sólo existen ejemplares originales idénticos!.	Erróneamente, se suele considerar "químico" como adjetivo opuesto a "natural". Las moléculas son idénticas, independientemente de su origen.
No existen sustancias tóxicas: ¡sólo existen dosis tóxicas!.	Los químicos pueden detectar cantidades inimaginablemente pequeñas de muchos compuestos. Eso es tranquilizador, aunque gracias a ello se sabe que la contaminación ha alcanzado ya los lugares más remotos.
La Química provee soluciones a sus propios problemas.	La Química permite limpiar el entorno de sustancias contaminantes.
Beethoven, Dante, Velázquez,... ¡Lavoisier!.	Los grandes triunfos de la Química son totalmente comparables a los logros culturales más elevados de la humanidad.
Ni siquiera los químicos son perfectos.	Los químicos son responsables tanto de los beneficios como de los riesgos asociados a los productos que preparan.

combustión interna, alimentos, medicamentos, fertilizantes, y otros. Se hizo especialmente conocido y apreciado, en el contexto británico, por haber divulgado durante 57 años, en más de 1500 ocasiones, una lección práctica sobre explosivos. A juicio de quienes le conocieron, este héroe de la primera guerra mundial destilaba un entusiasmo por la Química que contagiaba a la audiencia.

Como tantas veces en Pedagogía, no se pretende con este tipo de razonamientos llevar la cuestión a situaciones extremas: ni sería bueno dedicar un tiempo excesivo en el aula a comentar experiencias cotidianas, ni tampoco prescindir totalmente de ellas. El primer caso se puede encontrar en algunos centros docentes, que se limitan a hacer demostraciones curiosas relacionadas con la Química sin profundizar en el conocimiento de esta Ciencia. El otro extremo es propio de profesores que consideran que este tipo de cuestiones restan seriedad a la materia y no las incluyen en sus clases. Esta situación se vio reflejada en la controversia que acaeció en la primavera de 2002 y que fue recogida en la prensa española, cuando la actividad docente innovadora de un profesor universitario de Física, que enseñaba ciertos aspectos de esta Ciencia a través de juegos, era respondida por otro colega replicando que, para la docencia de la Física, eran necesarias "*más ecuaciones y rigor y menos juegos*".

A veces, además, estas herramientas metodológicas son mal interpretadas por los alumnos, que las confunden con pérdida de tiempo efectivo en el aula o con un trabajo excesivo adicional. Nada más lejos de la realidad. El autor de este artículo desarrolló, durante algún tiempo, una técnica metodológica en este sentido. La misma consistía en mostrar en el aula, durante intervalos de unos diez minutos cada dos semanas, alguna cuestión de Química con relación a objetos o hechos cotidianos para los alumnos. Posteriormente, éstos tenían que explicar brevemente, por escrito, como trabajo para casa, lo observado. Un día que el profesor entraba en clase entusiasmado para realizar el experimento típico de preparación de un indicador ácido-base por extracción de colorantes de los pétalos de una rosa en metanol[31], un alumno, con cara de sufrimiento y desesperación, exclamó: -*¿otro trabajo*?.

Con la realización de experiencias de esta índole, se busca fomentar, además, el pensamiento crítico en los alumnos, que es uno de los objetivos educativos de alto orden en cuanto a resultados cognoscitivos[32,33].

Entre las direcciones de Internet donde se ofrece información de hechos de la vida cotidiana relacionados con la Química y donde, a su vez, se sugieren enlaces a otras de temática similar, se destacan la desarrollada por el Prof. Antonio Varela[34], la creada en la Universidad de Leeds, con el título de "*Delights of Chemistry*"[35], que contiene incluso vídeos, la desarrollada dentro del proyecto "*Chemistry for life*"[36], que reúne a varios Centros Científicos y Museos de Ciencia europeos, como se indicó anteriormente, en colaboración con el European Chemical Industry Council, y la preparada por la Federación Empresarial de la Industria Química Española (FEIQUE)[37].

En los siguientes epígrafes, se sugieren diversas fuentes que pueden ser de utilidad en la práctica docente de la Química en relación a hechos de la vida cotidiana. Se han agrupado estas fuentes en tres apartados: ejercicios y cuestiones, experimentos y analogías.

EJERCICIOS Y CUESTIONES

De los aspectos señalados en el presente artículo, los ejercicios y las cuestiones sobre Química y la vida diaria son el tipo de herramienta educativa del que existen más referencias bibliográficas [38-43]. El profesor Ronald DeLorenzo ha recopilado varios cientos de cuestiones cotidianas que son explicadas por la Química [44], desde el comportamiento del monstruo del lago Ness a cómo, a partir de citas bíblicas, se puede deducir que el cielo es más caluroso que el infierno. Así, aplicando la ley de Stefan-Boltzmann de la radiación para el cielo, donde "*la luz de la luna será como la luz del sol y la del sol será siete veces mayor que sería la luz reunida de siete días*" (Is. 30:26), se obtiene que la temperatura allí es de unos 520 ºC, mientras que en el infierno, que es "*el lago que arde con fuego y azufre*" (Ap. 21:8), se estaría a unos 120 ºC (temperatura de fusión del azufre).

Aparte de un buen número de artículos sobre estos temas, con los que un profesor puede preparar ejercicios y cuestiones, la revista *Journal of Chemical Education* tiene las secciones *Chemistry for everyone* e *Interdisciplinary connections*, donde se incluyen trabajos al respecto. Asimismo, la revista *Education in Chemistry* publica regularmente multitud de ejemplos a través de sus secciones *Chemlingo, Soundbite molecules y Chemistry trails*. El autor de esta última sección es el profesor Peter Borrows [45], quien indica que "*cuando abres los ojos, puedes ver Química en cualquier entorno*", y analiza químicamente cuestiones de la playa, piscina, cemento, ladrillos, entre otras. El profesor Simon Cotton, autor de la sección de *Soundbite molecules*, muestra, a lo largo de sus textos, la interpretación química de cuestiones tan variadas de la vida cotidiana como son: disolvente corrector de tinta, chocolate, pimienta, oscurecimiento de las manzanas, tinta invisible, sedantes, kevlar, o zeolitas, entre otras.

Algunos trabajos recomendados para que los docentes preparen ejercicios y cuestiones, en el sentido expuesto, son: el mundo del deporte [46,47], materiales dentales [48], estequiometría en medicamentos de hierro [49,50], noticias de actualidad [6,34,51], productos para cloración de piscinas [52], productos domésticos [53], etiquetas alimentarias [54], formación casual de cloruro amónico en el laboratorio [55], nieve carbónica [56], enfriamiento del agua contenida en botijos [57], actividad diaria de una persona [58], composición de los discos compactos (CD) y de los DVD [59], entre otros. Como ejemplos de lo variados que pueden ser los temas, en una dirección de Internet [60] se encuentra un reloj que da el tiempo real (del ordenador con el que se esté trabajando) con elementos químicos colocados por su número atómico, en lugar de dígitos, y en un trabajo de Thomas [61] se puede apreciar la conexión entre Frankenstein y la Electroquímica.

EXPERIMENTOS

Hay un buen número de experiencias conocidas de Química que se realizan con objetos de la vida cotidiana, como se recoge en la bibliografía [20,21,62] o en direcciones de Internet [23,63]. Algunos experimentos ya clásicos son la pila galvánica fabricada con un limón o con una patata, la tinta invisible, o el jardín químico, entre otros. En la revista *Journal of Chemical Education* hay secciones fijas, como las denominadas *Tested demonstrations y Classroom activitiy*, donde aparecen mensualmente este tipo de actividades. En esta segunda época de la revista *Anales de la R.S.E.Q.* han aparecido ya bastantes artículos al respecto [64-66].

Como ejemplos de este tipo de experimentos, se puede calcular con cierta facilidad, a partir de datos experimentales, la energía de activación del proceso de disolución de comprimidos efervescentes comerciales [67], o la del proceso de rehidratación osmótica de legumbres [68]. En ambos casos, los alumnos encuentran cierta satisfacción en obtener resultados numéricos de interés químico en dos procesos tan familiares para ellos. Son además buenas oportunidades para que el profesor comente conceptos como efervescencia, composición de medicamentos, flujo osmótico, o transferencia de materia, entre otros. En las **figura 2** se muestra la influencia de la temperatura en un experimento típico de hidratación de garbanzos sumergidos en agua, que el alumno puede realizar en casa. A partir de gráficas de ese tipo, los alumnos

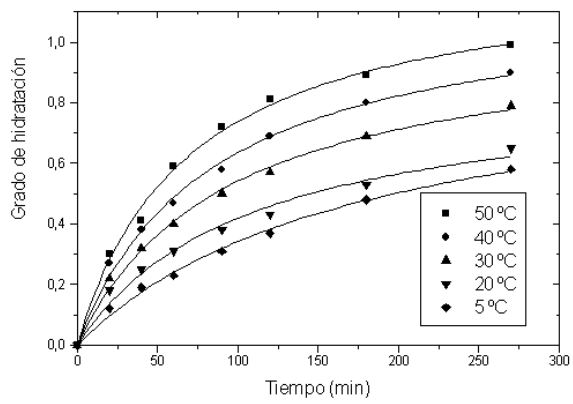


Figura 2. *Influencia de la temperatura en la velocidad de hidratación de garbanzos sumergidos en agua. El grado de hidratación representa el cociente entre la masa de agua (en gramos) absorbida por los garbanzos y su masa inicial (en gramos).*

obtienen, por ejemplo, los valores de velocidades iniciales de hidratación a distintas temperaturas. Se puede estudiar también fácilmente la influencia de concentración salina en la velocidad de hidratación de las legumbres.

ANALOGIAS

Entre otras acepciones posibles para el término "analogía", aquí se emplea como "*razonamiento basado en la existencia de atributos semejantes a seres o cosas diferentes*" [69]. Las analogías que aluden a la vida real y a la experiencia cotidiana de los alumnos son una herramienta de gran utilidad para entender algunos conceptos de Química [70,71]. También la revista ya citada, *Journal of Chemical Education*, cuenta con una sección al respecto, bajo el título de *Applications and analogies*.

Hay analogías clásicas, como comparar un túnel de montaña con un mecanismo de reacción que hace más rápida una reacción química, o contabilizar el número de átomos por celdilla unidad mediante secciones de naranja. Una de las analogías más conocidas es la propuesta por Roberts [72] para explicar el concepto (difícil para muchos alumnos) de resonancia, que ya se comentó en un trabajo previo[3]. Para ilustrar esta analogía, se puede mostrar a los alumnos el grabado realizado por Alberto Durero (ver **Figura 3**) en 1515. Aquel año, un rinoceronte (animal real pero desconocido en Europa), ofrecido al rey Manuel I de Portugal por un príncipe de la India, iba a ser transportado de Lisboa al zoo del Papa en Roma, como obsequio. El animal se ahogó en el mar durante una maniobra de descarga y ni el Papa ni Durero pudieron ver tan increíble pieza. Sin embargo, un portugués hizo un dibujo del animal y, a partir de él, Durero realizó su famoso grabado. En este contexto, se pude indicar a los alumnos lo que señala la analogía de Roberts: *en esa época, el animal real (pero incomprensible para los ciudadanos europeos) se podría describir como un híbrido de dragón y de unicornio (seres imaginarios pero bien asimilados por esos ciudadanos)*. Esta situación se ilustra en la **Figura 4**.

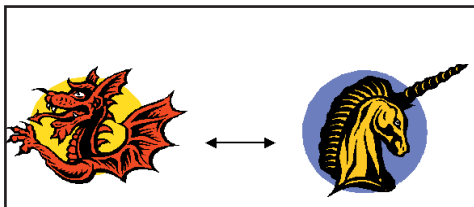


Figura 4. *Representación de la analogía indicada en el texto para la resonancia. Para explicar la estructura real (rinoceronte) de la Figura 3, se la supone como un híbrido de resonancia de dos formas canónicas, imaginarias pero bien asimiladas (fáciles de representar), que son el dragón y el unicornio.*

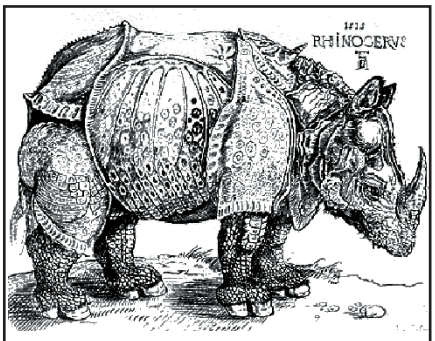


Figura 3. *Grabado de un rinoceronte realizado por Alberto Durero en 1515. Se emplea en el texto como analogía para la distribución de electrones, real pero difícil de representar, de ciertas moléculas e iones poliatómicos, y que se explica por resonancia.*

Müller [73] muestra curiosas aplicaciones de las leyes de la Termodinámica a las sociedades humanas, al establecer analogías entre las fuerzas intermoleculares que gobiernan el comportamiento de los fluidos y las fuerzas sociales que dirigen el comportamiento humano.

A veces la analogía puede llevarse a cabo experimentalmente. Por ejemplo, la conductividad eléctrica de novedosos materiales compuestos de matriz polimérica y carga conductora, se puede estudiar por analogía con materiales preparados al dispersar partículas de un tubo de cobre, obtenidas mediante el empleo de una lima, en cera de una vela fundida [74].

El autor de este texto desarrolló una analogía para que sus alumnos tuvieran una idea de la variación relativa de los volúmenes de átomos e iones [75]. En esa analogía, se puede apreciar, por ejemplo, que la diferencia de tamaño entre el átomo más pequeño (hidrógeno) y el de cesio (de los más grandes) es prácticamente como la diferencia existente entre los tamaños de una pelota de ping-pong y de un balón de baloncesto. Aplicando esa escala, se observa que una serie de átomos tendrían el tamaño de balones de otros deportes, como se ilustra en la **Figura 5**, pudiéndose apreciar cómo varía el tamaño atómico en un grupo y en un período del sistema periódico.

En la **Figura 6** se muestra, por analogía con los balones, cómo aumenta el volumen de los áto-

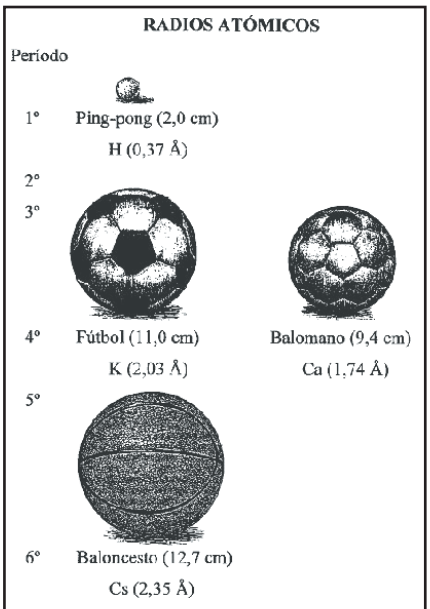


Figura 5. *Analogía del volumen relativo de algunos átomos por comparación con el de balones y pelotas de diversos deportes. Obsérvese cómo aumenta el volumen atómico al descender en el grupo 1 del sistema periódico y al avanzar hacia la izquierda en el período 4º.*

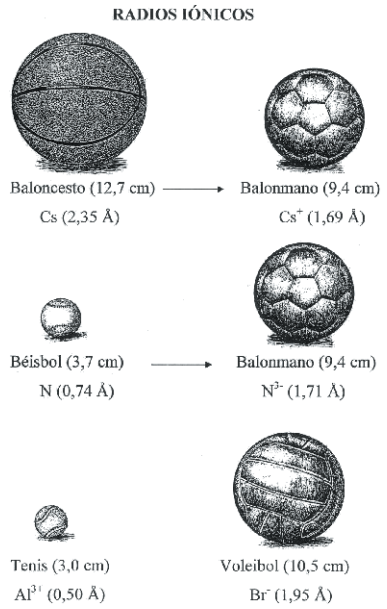


Figura 6. *Analogía de variación del volumen relativo de algunos átomos al transformarse en iones y de cómo el volumen de los cationes (como el Al^{3+}) suele ser menor que el de los aniones (como el Br^-)*

mos al transformarse en aniones, ocurriendo lo contrario al formar cationes. Además, en esa figura se observa que los aniones (como el Br^-) suelen ser más grandes que los cationes (como el Al^{3+}).

EPILOGO

El lema elegido como subtítulo de este artículo, "*delectando pariterque monendo*", resume la conocida máxima de Horacio para el arte de la escritura, recogida en su *Ars Poetica*, en la que señala que "*Omne tulit punctum qui miscuit utile dulci. Lectorem delectando pariterquemonendo*", esto es, "*ha cumplido con todos los propósitos aquél que ha mezclado lo útil con lo dulce, a la vez deleitando e instruyendo al lector*". En suma, con el tipo de actividades descritas, se intenta favorecer que los alumnos (y el profesor) disfruten con el aprendizaje de la Química. Como señalaron Garín y Orduna [76] recientemente, también dentro de la Química se pueden encontrar pinceladas de humor.

Una duda que suele asaltar a los docentes que intentan llevar a la práctica el tipo de razonamientos descrito en este texto, es si verdaderamente se favorece el aprendizaje de los alumnos o, más bien, es un entretenimiento para el propio profesor y quizá sólo unos pocos alumnos. La solución a este dilema debería encontrarlo cada profesor en su práctica docente.

A lo largo de este artículo se ha aludido a cuestiones de Física, Latín, Arte o Historia. No ha sido casual, supone un ejemplo de cómo la docencia de la Química transita a través de caminos de interdisciplinariedad [77]; lo que, por otra parte, sería bueno que percibieran los alumnos.

AGRADECIMIENTOS

El autor de este artículo expresa su agradecimiento a la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, dependiente del Ministerio de Ciencia yTecnogía, por el apoyo recibido a través de la financiación del proyecto nº17502/57 (*Enseñanza-aprendizaje de la Química y vida cotidiana*). Además, se agradece la valiosa colaboración prestada por Elena Pulido, Elena C. Wolff y César Manuel Pinto.

Este trabajo está dedicado a la memoria de los Profesores Jesús Morcillo Rubio y Juan Miró Chavarría, ambos fallecidos en el verano de 2001. Sus actividades profesionales, complementarias a una extraordinaria labor docente, desde vertientes tan distintas como la investigación en espectroscopía infrarroja y la práctica industrial, respectivamente, suponen experiencias paradigmáticas de cómo la Química está implicada en la mejora de la realidad cotidiana.

REFERENCIAS

1.- García Ara, L. J. (2002), El cloro y sus productos, *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, Vol. 98 (1), pp. 21-29.

2.- Martín Sánchez, M. y Martín Sánchez, M.T. (2000), Algunas reflexiones sobre la enseñanza de la Química a nivel elemental, *Ibídem*, Vol. 96 (4), pp. 40-44.

3.- Pinto Cañón, G. (2001), Enseñanza y aprendizaje de la química a nivel universitario, *Ibídem*, Vol. 97 (4), pp. 29-36.

4.- Myers, R.S. (1991), Using news media to teach chemical principles, *Journal of Chemical Education*, Vol. 68, pp. 769- 770.

5.- Toby, S. (1997), Chemistry in the public domain: a plethora of misinformation, or don´t believe everything you read in the newspapers!, *Ibídem*, Vol. 74, pp. 1285-1287.

6. Pinto, G. (2003), Motivación al aprendizaje de la Química mediante el análisis de noticias de prensa, *Anuario Latinoamericano de Educación Química*, en prensa.

7.- Bunyan, E.L.S. (1986), A method for stimulating interest in service chemistry courses, *Journal of Chemical Education*, Vol. 63, p. 858.

8.- Last, A.M. (1999), What is it used for?. A consumer-chemical hunt, *Ibídem*, Vol. 76, pp. 1503-1504.

9.- Jones, M.B. and Miller, C.R. (2001), Chemistry in the real world, *Ibídem*, Vol. 78, pp. 484-487.

10.- Brown, T.L., LeMay, H.E. y Bursten, B.E. (1998), *Química, la Ciencia central*, Ed. Prentice Hall, México.

11.- Chang, R. (1999), *Química*, Ed. McGraw-Hill, México.

12.- Del Barrio, J.I. y Belmonte, M. (1998), *Química: Reacción*, Ed. Ediciones SM, Madrid.

13.- Petrucci, R.H. y Harwood, W.S. (1999), *Química general, principios y aplicaciones modernas,* Ed. Prentice Hall, Madrid.

14.- Rayner-Canham, G. (2000), *Química inorgánica descriptiva*, Ed. Prentice Hall, México.

15.- Bailar, J.C., Moeller, T., Kleinberg, J. y Guss, M.E. (1983), *Química*. Ed. Vicens Vives, Barcelona.

REFERENCIAS

16.- Cole, M., Janes, R., McLean, M. and Nicholas, G. (1998), Does university chemistry need to be boring?, *Education in Chemistry*, Vol. 35, p. 56.

17.- American Chemical Society (1984), *Tomorrow. The report of the task force for the study of Chemistry education in the United States*, Washington, D.C..

18.- *Chemistry for the citizen* (por el Prof. A.R.H. Cole):
http://www.geochemresearch.com.au/chemistrycitizen.htm

19.- Holman, J. (2001), All you need to know about chemistry, *Education in Chemistry*, Vol. 38, pp. 10-11.

20.- Roesky, H.W. and Möckel, K. (1996), *Chemical curiosities: spectacular experiments and inspired quotes*, Ed. VCH, Weinheim (Germany).

21.- Ford, L.A. (1993), *Chemical magic*, Ed. Dover Publications, NewYork.

22.- Tissandier, G. (1892), *Las recreaciones científicas o la enseñanza por los juegos*, Ed. De Bailly-Bailliere, Madrid.

23.- *Science is fun* (por el Prof. Bassam Z. Shakhashiri):
http://scifun.chem.wisc.edu/BZS_bio/biosketch.html

24.- Empresa "La Ciencia es Divertida":
http://www.aliquindoy.com/extra/cd/index.htm

25.- Museo de la Ciencia de Barcelona:
http://www1.lacaixa.es:8090/webflc/wpr0pres.nsf/wurl/mcbchome_esp

26.- Parque de las Ciencias de Granada:
http://www.parqueciencias.com/

27.- Casa de las Ciencias de A Coruña:
http://www.casaciencias.org/

28.- Editorial Staff (1998), Chemistry for life, *Education in Chemistry*, Vol. 35, p.33.

29.- Wagensberg, J. (1995), Breve elogio de la Química, *Diario El País, 6 de Septiembre.*

30.- Booth, H. (2001), Brian Shaw and his 'explosive' lecture, *Education in Chemistry,* Vol. 38, pp. 158-160.

31.- Gillespie, R.J., Humphreys, N.C., Baird, N.C. y Robinson, E.A. (1990), *Química*, Ed. Reverté, Barcelona, p. 658.

32.- Bloom, B.S. (1984), *Taxonomy of educational objectives: part I, cognitive domain,* Ed. Longman, New York.

33.- Pinto, G. (1995), *Curso de estrategia didáctica del nivel superior*, Universidad Nacional de Mar del Plata (Argentina).

34.- Ciencianet (por el Prof. Antonio Varela):
http://ciencianet.com

35.- *Delights of Chemistry* (por el Departamento de Química de la Universidad de Leeds):
http://www.chem.leeds.ac.uk/delights/

36.- *Chemistry for life* (por CEFIC):
http://www.chemforlife.org

37.- Federación Empresarial de la Industria Química Española (FEIQUE):
http://www.feique.org

38.- Ibañez, A. (1986), *La base de la Química*, Ed. Penthalon, Madrid.

39.- NewMark, A. (1993), *Colección visual Altea : Química,* Ed. Santillana, Madrid.

40.- Cooper, C. (1993), *Colección visual Altea : Materia*, Ed. Santillana, Madrid.

41.- Snyder, C.H. (1995), *The extraordinary chemistry of ordinary things*, Ed. John Wiley, New York.

42.- Vinagre, F., Mulero, M.R. y Guerra, J.F. (1996), *Cuestiones curiosas de Química*, Ed. Alianza, Madrid.

43.- Frova, A. (1999), *Por qué sucede lo que sucede*, Ed. Alianza, Madrid.

44.- Colección de ensayos del Prof. DeLorenzo:
http://www.educationcenter.org/lorenzo.html

45.- Borrows, P. (1993), On the Chemistry trail, *Education in Chemistry*, Vol. 30, pp. 18-19.

46.- Giffin, G.A., Boone, S.R., Cole, R.S., McKay, S.E. and Kopitzke, R. (2002), Modern sport and chemistry: what a chemically aware sports fanatic should know, *Journal of Chemical Education*, Vol. 79, p. 813-819.

47.- Martín Escudero, P. y Escudero González, P. (1999), La Química en el mundo del deporte, *Anales de la Real Sociedad Española de Química,* Vol. 95 (4), pp. 41-46.

48.- Nicholson, J.W. and Anstice, H.M. (1999), The chemistry of modern dental filling materials, *Journal of Chemical Education*, Vol. 76, pp. 1497-1501.

49.- Pinto, G. (2001), Stoichiometry applied to an iron medicine, *Education in Chemistry*, Vol. 38, p. 150.

50.- Pinto, G. (2003), Determnation of the degree of hydration of iron (II) sulphate in a medicine, *Ibídem.*, Vol.40, p.11.

51.- Moore, J.W., Stanitski, C.J., Wood, J.L., Kotz, J.C. y Joesten, M.D. (2000), *El mundo de la Química, conceptos y aplicaciones*, Ed. Pearson Educación, México.

52.- Pinto, G. and Rohrig, B. (2003), Use of chloroisocyanurates for disinfection of water: application of miscellaneous general chemistry topics *Journal of Chemical Education*, Vol.80, pp.41-44.

53.- Hosehold products (por la Universidad de Sidney):
http://science.uniserve.edu.au/school/curric/stage6/snrsci/lifechem.html#household

54.- Casalderrey, M.L. (2000), Integración Ciencia-Tecnología. La enseñanza de la Química basada en un constructivismo positivo. Etiquetas alimentarias, *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, Vol. 96 (3), pp. 48-56.

55.- Pinto, G. (2003), 'Casual' formation of ammonium chloride in the laboratory, *Education in Chemistry,* en prensa.

56.- de Prada Pérez de Aizpeitia, F. y Martínez Pons, J.A. (2002), La nieve carbónica como recurso didáctico, *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, Vol. 98 (1), pp. 39-45.

57.- Zubizarreta,. J.I. and Pinto, G. (1995), An ancient method for cooling water explained by means of mass and heat transfer, *Chemical Engineering Education*, Vol. 29, pp. 96-99.

58.- Barker, G.K. (2000), Why do I have to study Chemistry?, *Journal of Chemical Education*, Vol. 77, p. 1300.

REFERENCIAS

59.- Rirkett, D. (2002), The chemistry of optical discs, *Ibídem*, Vol. 79, pp. 1081-1087.

60.- Reloj de elementos químicos: http://scifun.chem.wisc.edu/ChemTime/ChemTime.html

61.- Thomas, C.J. (1998), Sir Humphry Davy and Frankenstein, *Journal of Chemical Education*, Vol. 75, pp. 495-496.

62.- Shakhashiri, B.Z. (1992), *Chemical Demonstrations: A handbook for teachers of Chemistry,* (4 Vols.), Ed. University of Wisconsin Press, Wisconsin.

63.- Experimentos de Química: http://www.offcampus.es/interactivo.dir/recursos/exper1.htm

64.- Sánchez Gómez, P.J. (2000), Una propuesta innovadora para la práctica tradicional: la elaboración de jabón como problema abierto, *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, Vol. 96 (1), pp. 34-41.

65.- Martín Sánchez, M., García Collantes, M.A. y Martín Sánchez, M.T. (2000), Estudio teórico experimental de fenómenos de transferencia de electrones en Química y Biología con alumnos de bachillerato, *Ibídem*, Vol. 96 (2), pp. 38-47.

66.- Martínz Pons, J. (2000), Fisicoquímica de las claras de huevo, *Ibídem*, Vol. 95 (4), pp. 48-53.

67.- Pinto, G. (2000), Experimenting with a fizzy tablet, *Education in Chemistry*, Vol. 37, pp.71, 81.

68.- Pinto, G. and Esín, A., Kinetics of the osmotic hydration of chickpeas, pendiente de publicación.

69.- Real Academia Española (1997), *Diccionario de la lengua española, 21ª edición*, Ed. Espasa Calpe, Madrid.

70.- Goh, N.K., Chia, L.S. and Tan, D. (1994), Some analogies for teaching atomic structure at the high school level, *Journal of Chemical Education*, Vol. 71, pp. 733-734.

71.- Kitson, T.M. (2001), Intermediates, transition states, butterflies, and frogs, *Ibídem*, Vol. 78, p. 504.

72.- Citada en Morrison, R.T. y Boyd, R.N. (1976), *Química orgánica*, Ed. Fondo Educativo Interamericano, México, p. 217.

73.- Müller, E.A. (1998), Human societies. A curious application of Thermodynamics, *Chemical Engineering Education,* Vol. 32, pp. 230-233.

74.- Pinto, G. (1996), Testing the electrical resistivity of wax and copper composites, *Journal of Chemical Education*, Vol. 73, pp. 683-685.

75.- Pinto, G. (1998), Using balls from different sports to model the variation of atomic sizes, *Journal of Chemical Education,* Vol. 75, pp. 725-726.

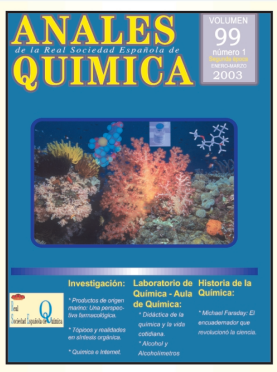
76.- Garín, J. y Orduna, J. (2002), El humor en la bibliografía química: el "falso" Berichte y otras joyas, *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, Vol. 98 (3), pp. 16-23.

77.- Mammino, L. (2001), Algunas reflexiones sobre la imagen de la Química, *Ibídem*, Vol. 97 (2), pp. 48-52.

Normas de publicación

Normas de publicación en Anales de la Real Sociedad Española de Química.

Anales de la Real Sociedad Española de Química publica trabajos científicos especializados o de revisión, de divulgación en el campo de la química que sean de calidad e interés para la mayoría de los profesionales de la docencia, investigación y de la industria química.



Nuestra revista presta una atención especial a la "Química y Medio Ambiente", por lo que los trabajos científicos divulgativos en este campo serán igualmente considerados. Serán también bienvenidos aquellos trabajos sobre historia didáctica de nuestra disciplina, así como los dedicados a la docencia teórica y práctica de la química en cualquiera de sus niveles. Los manuscritos deberán enviarase en versión informatizada en diskete mediante los procesadores de texto habituales, escritos a doble espacio y con una extensión máxima de 15 páginas (figuras no incluidas), junto con dos copias impresas y una fotografía del autor o autores, (preferiblemente no de tipo carnet).

Se sugiere la confección del manuscrito según las normas generales de publicación de la ACS.
Finalmente, se sugiere a los autores el envío de figuras o fotografías en color (en papel o diapositivas) para una mejor calidad de impresión de la ilustración de su artículo.

Todo el material antes reseñado debe enviarse a:

Real Sociedad Española de Química.
Editor
Ciudad Universitaria
Facultad de Química
Universidad Complutense
28040 Madrid