

Educación en la Química

**Revista de la Asociación de Educadores en la Química de la República Argentina
Secretarías Capital Federal y Provincia de Buenos Aires**

Educación en la Química

(ISSN 0327-3504) es una publicación cuatrimestral de ADEQRA (secretarías Capital Federal y Pcia. de Buenos Aires) que se distribuye gratuitamente a los socios de estas secretarías. En ella se dan a conocer experiencias de aula, resultados de investigaciones, avances tecnológicos, noticias científicas, etc. Los editores agradecen cartas, ideas, sugerencias y artículos que puedan resultar de utilidad a otros colegas.

Editores

Luz Lastres Flores
Mónica Steinman

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

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

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



ADEQRA, Asociación de Educadores en la Química de la República Argentina, es una asociación sin fines de lucro que reúne a docentes de los diferentes niveles educativos de nuestro país, interesados en la formación y capacitación continua.

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

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

SECRETARÍA CAPITAL FEDERAL

Delegada: Luz Lastres Flores
Secretario: Vicente Sgaramella
Tesorera: Liliana Olazar
Vocales: Marta Bulwik
Alejandro Bosack
Verónica Catebiel
Luis Costa
Liliana Gravano
Andrea López

SECRETARÍA PCIA DE BUENOS AIRES

Presidente: M. Gabriela Muñoz
Vicepresidente: Jorge D. Rosende
Secretaria: Gabriela Mohina
Prosecretario: Héctor G. Cortez
Tesorera: Mónica Steinman
Protesorera: Rosa Haub
Vocales: Graciela Assenza Parisi
María Luz Diez
Raúl Fernández
Andrea Masone

ISP Joaquín V. González
Lab. de Química, 2º piso
Rivadavia 3577
1203. Buenos Aires

Para profundizar

QUÍMICA AMBIENTAL.

OZONO EN LA TROPOSFERA. “SMOG FOTOQUÍMICO”

Erwin Baumgartner

Cátedra de Química, Departamento V, Ciclo Básico Común, Universidad de Buenos Aires.
E-mail: erwinb@arnet.com.ar

ORIGEN DEL “SMOG” FOTOQUÍMICO

En muchas áreas urbanas ocurre el fenómeno de un incremento significativo de ozono y otros contaminantes perjudiciales. Este fenómeno es el llamado “smog” fotoquímico y a veces se lo caracteriza como la capa de ozono en el lugar equivocado, en contraste con la capa de ozono en la estratosfera, donde es vital para que pueda existir la vida sobre la tierra. La palabra “smog” es una combinación de “smoke” (humo) y “fog” (neblina) y en alguna literatura en español, haciendo un paralelismo exacto, se denomina a este fenómeno como el neblumo. Originalmente se usó esta palabra para describir la combinación de humo, neblina y dióxido de azufre que ocurría frecuentemente en Londres, en la época en la que el carbón, con un alto contenido de azufre, era el combustible principal usado para la calefacción hogareña y como fuente de energía en la industria. Este fenómeno es también llamado “smog” clásico y está caracterizado por una alta concentración de hollín. Debido a la presencia del dióxido de azufre, un reductor suave y precursor de un ácido débil, este “smog” tiene propiedades reductoras y ácidas. Cuando hay además humedad en la atmósfera, las partículas de carbón sirven como núcleos de condensación de gotas de agua, formando una neblina sumamente irritante. En 1952, en Londres, un “smog” persistente durante varias semanas llevó a la muerte a más de 4000 personas, la mayoría por el agravamiento de problemas respiratorios preexistentes. En la actualidad, gracias a mejoras técnicas y legislación estricta, el problema en Londres y otras ciudades ha sido reducido.

En contraste al “smog” clásico, el “smog” fotoquímico se debe principalmente a las emisiones originadas durante la combustión de nafta en los motores de vehículos.

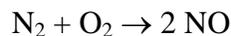
Ambos aparecen en zonas donde no hay movimiento de aire, es decir que los contaminantes producidos pueden acumularse porque no son dispersados. Normalmente, la temperatura decrece al aumentar la altitud, y entonces se producen corrientes convectivas de aire, o sea que el aire caliente sube, arrastrando con él a los contaminantes, y es reemplazado por aire frío que baja. En algunos lugares, cuando hay corrientes frías horizontales a nivel del suelo, la situación se invierte: la temperatura disminuye con la altura. Este fenómeno se conoce como inversión de la temperatura, la que limita la circulación de aire, lo que da como resultado la acumulación de los contaminantes cerca del

suelo. Lo mismo ocurre también en ciudades que se encuentran en un pozo, rodeados de montañas. Este tipo de contaminación fue observado por primera vez en Los Angeles, Estados Unidos, en 1940, pero también se ha observado en Ciudad de Méjico, Tokio, Atenas, Roma, Santiago de Chile, El Cairo, Pekín, etc.

El “smog” fotoquímico es una bruma que reduce la visibilidad y produce irritación en los ojos. ¿Cómo se origina? Son necesarios tres factores para generarlo: luz ultravioleta (la componente del ultravioleta que llega a la tierra desde el sol, después que las componentes más dañinas han sido filtradas por el nitrógeno, oxígeno y ozono de la atmósfera) de longitud de onda 320 – 400 nm, hidrocarburos sin quemar y óxidos de nitrógeno (NO y NO₂, caracterizados como NO_x) contenidos en los gases de combustión de los automóviles. En una atmósfera que contiene estos gases, acompañado de luz solar intensa, se forma una serie de sustancias oxidantes, siendo el más importante el ozono, pero también se forman H₂O₂, peróxidos orgánicos (ROOR'), hidroperóxidos orgánicos (ROOH), radicales hidroxilo y nitratos de peroxiacilo (RC(O)OONO₂; C(O) representa un grupo carbonilo), conocidos con la sigla PAN, de su nombre en inglés: peroxyacyl nitrates.

En realidad, el proceso de la formación de “smog” fotoquímico involucra centenares de reacciones diferentes ocurriendo simultáneamente. Aquí solo intentaremos mostrar en forma esquemática algunas de las reacciones más importantes.

Los óxidos de nitrógeno se producen en los cilindros de los motores de combustión interna, durante la combustión de la nafta. A la temperatura de la reacción, parte del oxígeno y del nitrógeno del aire se combinan para formar óxido nítrico, NO.

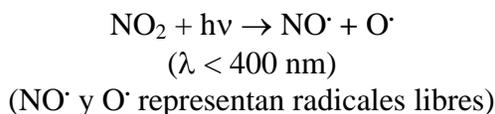


Esta reacción tiene una alta energía de activación, por lo que, a temperatura ambiente, la velocidad de reacción es despreciable, pero a las altas temperaturas que existen en los motores de los automóviles se favorece la velocidad de formación de NO y el rendimiento de la reacción, ya que ésta es endotérmica.

El NO eliminado a la atmósfera es oxidado a dióxido de nitrógeno por el oxígeno u otros oxidantes:



Debido al tráfico de la mañana temprano se van acumulando NO₂ e hidrocarburos no quemados en la atmósfera. Cuando sale el sol, NO₂ absorbe luz visible y ultravioleta y se fotoliza, dando oxígeno atómico:



En forma análoga a su reacción en la estratosfera, el oxígeno atómico reacciona rápidamente con oxígeno molecular en la presencia de un tercer cuerpo, usualmente moléculas de nitrógeno u oxígeno, para producir ozono. El tercer cuerpo absorbe parte de la energía liberada e impide la disociación inmediata del ozono.

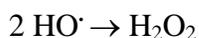


El dióxido de nitrógeno es la única fuente significativa de oxígeno atómico, a partir del cual se forma O_3 . Recién se comienza a formar O_3 urbano cuando casi todo el NO se transformó en NO_2 , debido a que la reacción $O_3 + NO \rightarrow NO_2 + O_2$ es muy rápida.

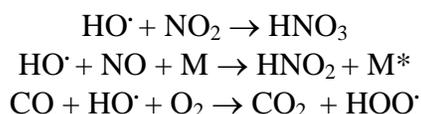
La reacción de átomos de oxígeno excitados con agua produce radicales hidróxido, otro oxidante fuerte:



A partir de estos radicales se puede formar agua oxigenada.

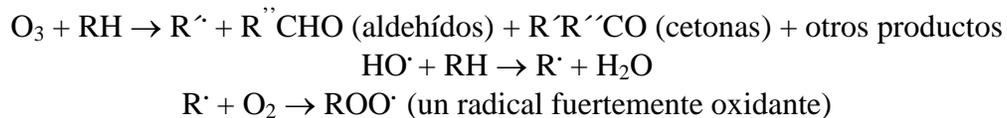


Los radicales $HO \cdot$ pueden atacar NO_x y CO, otro de los gases de la combustión (incompleta) de la nafta:



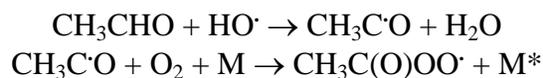
Los ácidos nítrico y nitroso formados contribuyen a la lluvia ácida. La última reacción es un camino importante de remoción de CO de la atmósfera, y también una fuente del radical reactivo peroxilo $HOO \cdot$, que puede oxidar NO a NO_2 .

Los oxidantes formados en estos pasos reaccionan con hidrocarburos para dar radicales orgánicos libres. Consideraremos un hidrocarburo alifático genérico RH.

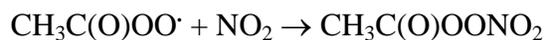


Se forma una variedad de compuestos, incluyendo aldehídos y cetonas, que condensan formando aerosoles, que son los que limitan la visibilidad.

Otras reacciones importantes incluyen la oxidación de aldehídos. Usando acetaldehído como ejemplo, estas reacciones son:



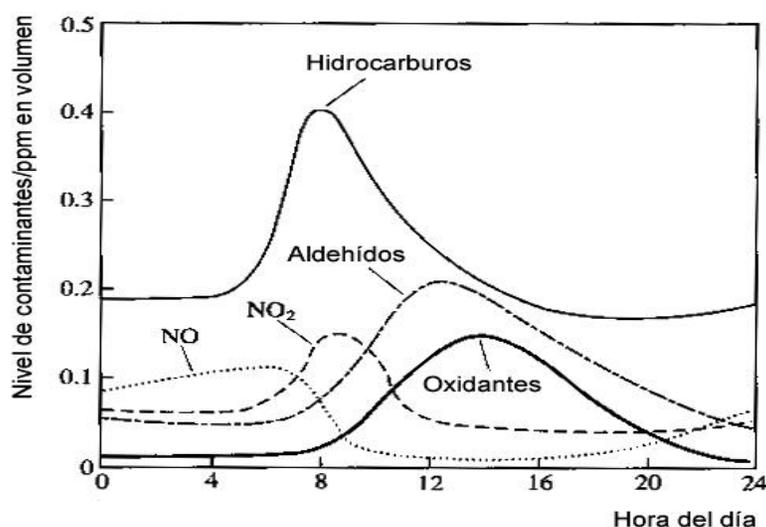
El radical formado, etanoilperoxi, reacciona con NO_2 dando nitrato de peroxietanoilo.



Este compuesto y otros relacionados, por ejemplo nitrato de peroxipropanoilo, proveniente de la oxidación del propanal, forman los llamados compuestos PAN, que son muy irritantes para los ojos y tóxicos para las plantas.

La cinética de la fotooxidación de hidrocarburos con O_3 , $\text{HO}\cdot$, etc., es muy compleja e involucra muchos pasos y aquí solo se dio una versión simplificada.

En la figura se muestra las variaciones características de los niveles de NO , NO_2 , hidrocarburos, aldehídos y oxidantes en una atmósfera con tendencia a forma “smog” fotoquímico, en función de la hora del día.



La figura muestra que, acorde con lo explicado anteriormente, poco después de la salida del sol, el nivel de NO en la atmósfera decrece marcadamente, acompañado por la aparición de un pico en la concentración de NO_2 . Luego del mediodía llegan a su máximo los niveles de aldehídos y de oxidantes. Al atardecer puede haber un segundo máximo de las concentraciones de NO y NO_2 , pero dado que ya no hay radiación ultravioleta, no se observan segundos máximos en la concentración de aldehídos y oxidantes.

EFFECTOS DEL “SMOG” FOTOQUÍMICO

Efectos sobre la salud humana

A concentraciones entre 100 y 300 ppb, el ozono causa dificultades en la respiración. Evitando hacer ejercicios, se pueden reducir los síntomas. En Estados Unidos se considera alerta de nivel 1 cuando la concentración de ozono llega a 200 ppb, y en esas condiciones se evitan las actividades físicas en las escuelas. Estas alertas son bastante frecuentes,

mientras que las de nivel 2, de 300 ppb, son raras, y nunca hubo alertas de nivel 3 (400 ppb).

Los compuestos PAN y los aldehídos irritan a los ojos.

Daño a materiales

El ozono produce daños a la goma de las cubiertas de los automóviles por ataque a las uniones dobles. Este mismo ataque produce un efecto blanqueador, ya que destruye a los colorantes.

Efectos sobre la atmósfera

Las partículas de aerosoles que se producen cuando ocurre el fenómeno del “smog” fotoquímico reduce la visibilidad.

El ozono absorbe radiación infrarroja, y por lo tanto contribuye al efecto invernadero incrementado.

Los óxidos de nitrógeno contribuyen a la lluvia ácida.

Efectos tóxicos sobre plantas

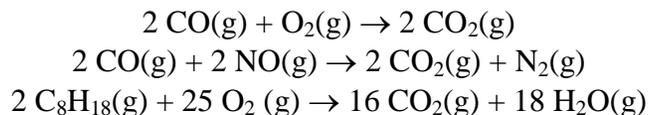
Estos efectos son debidos a los oxidantes PAN, ozono y NO_x. El ozono reduce la velocidad de la fotosíntesis, produciendo manchas amarillas sobre las hojas y disminuyendo la velocidad de crecimiento de las plantas. Los PAN son también tóxicos por ataque a las hojas, mientras que los NO_x tienen una toxicidad bastante menor.

CONTROL DEL “SMOG” FOTOQUÍMICO

Como hemos visto, la causa de la formación del “smog” fotoquímico es la presencia de óxidos de nitrógeno y de hidrocarburos en la atmósfera. La fuente principal de ambos son los gases emitidos por los vehículos durante la combustión de la nafta. Para controlar la emisión de estas sustancias contaminantes se están buscando soluciones por diferentes caminos.

Convertidores catalíticos

Los sistemas catalíticos modernos de tres vías catalizan la oxidación de CO a CO₂ y la de los hidrocarburos a CO₂ y H₂O, y la reducción del NO a N₂, en la que el CO actúa como agente reductor. Los catalizadores son los metales platino, paladio, cobalto, níquel o rodio.



Cambios en el diseño del motor

De la estequiometría de la última ecuación, que representa la combustión completa del octano, se deduce que la relación aire/combustible (masa de aire/masa de octano) es 14,7. La producción de sustancias contaminantes depende de esa relación, siendo considerable a la relación estequiométrica, especialmente para los óxidos de nitrógeno. Para mezclas ricas, con menor proporción de aire que la estequiométrica, la emisión de NO_x disminuye, pero aumenta considerablemente la de hidrocarburos y la de monóxido de carbono. Por otro lado, para relaciones pobres (aproximadamente 18), la emisión de los tres contaminantes disminuye considerablemente, pero debe rediseñarse el motor.

Combustibles alternativos

Cualquier combustible alternativo debe vaporizar a la temperatura del motor, debe ser soluble en la nafta y debe formar productos de combustión inocuos.

Etanol

Es posible hacer mezclas de nafta y etanol con hasta un 10% en volumen del alcohol sin que sean necesarios ajustes en el carburador. La combustión del etanol produce CO_2 y H_2O y un poco de etanal: hay poca contaminación atmosférica.

Metanol

Desde el punto de vista de las emisiones de gases contaminantes y del precio, es una buena alternativa, pero dado que produce sólo un 60% de la energía producida por un volumen igual de nafta, los tanques deben ser más grandes o se los debe llenar con mayor frecuencia. Otros problemas son su relativa pobre solubilidad en nafta, por lo que se requiere la adición de un cosolvente, el alcohol butílico terciario, y su toxicidad. Por estos motivos son pocos los países donde se lo utiliza.

MTBE. Metil-terbutil-eter

Se lo puede mezclar hasta un 7% en volumen con nafta, lográndose disminuir la emisión de CO y aumentar el octanaje. Su desventaja es el precio.

Hidrógeno

Este es un combustible limpio, dado que en su combustión forma solamente vapor de agua. El problema es que puede llegar a explotar, si entra en contacto con el aire.

RESUMIENDO

- a) El “smog” es un problema de contaminación del aire urbano.
- b) Hay dos clases generales: el “smog” clásico es hollín basado en carbón y otras partículas sólidas y SO_2 . Su fuente más importante es la combustión de carbón.
- c) El “smog” fotoquímico es producido por reacciones químicas entre óxidos de nitrógeno e hidrocarburos, contenidos en gran parte en los gases de escape de los

vehículos. Este “smog” consiste de óxidos de nitrógeno, ozono y oxidantes orgánicos, y aldehídos.

- d) Las reacciones de oxidación para la producción del “smog” fotoquímico son iniciadas por el radical hidróxido. Los sustratos oxidables son los hidrocarburos y otros compuestos orgánicos volátiles.
- e) Los motores de los vehículos son los que principalmente emiten los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos que generan el “smog” fotoquímico. Las estrategias para controlar esas emisiones involucran la utilización de sistemas catalíticos, el desarrollo de motores que pueden funcionar con mezclas más pobres en combustible y la búsqueda de combustibles alternativos.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Baird, C. (1995) *Environmental Chemistry*. W.H. Freeman and Co. Estados Unidos.

Henry, J.G. y Heinke, G.W. 2a. Ed. (1999) *Ingeniería Ambiental*. Prentice Hall. México.

Jacob, D.J. (1999) *Introduction to Atmospheric Chemistry*. Princeton University Press. Estados Unidos.

Manahan, S.E. 6^a. Ed. (1994) *Environmental Chemistry*. CRC Press. Estados Unidos.

Manahan, S.E. (1993) *Fundamental of Environmental Chemistry*. Lewis Publ. Estados Unidos.

O'Neill, P. 3^a. Ed. (1998) *Environmental Chemistry*. Blackie Academica & Professional. Inglaterra.

Ramsden, E.N. (1996) *Chemistry of the Environment*. Stanley Thornes Ltd. Inglaterra.

Sawyer, C.N., McCarty P.L. y Parkin G.F. 4a. Ed. (2001) *Química para Ingeniería Ambiental*. McGraw-Hill Interamericana. Colombia.

vanLoon, G.W. y Duffy, S.J. (2000) *Environmental Chemistry. A Global Perspective*. Oxford University Press. Inglaterra.

Hojeando revistas

PRODUCCIÓN DE ANTI-HIDRÓGENO

Un equipo de investigadores del European Center for Nuclear Research (CERN), en Ginebra, Suiza, ha anunciado la producción de alrededor de 50.000 átomos de anti-hidrógeno. Las anti-partículas ya eran conocidas, pero el equipo de investigadores encontró una forma de aumentar su tiempo de vida. Esta información, publicada en la revista *Nature* (2002, 419, octubre 30, 456-459) ha revolucionado a la comunidad científica, ya que con estas cantidades, aunque extremadamente pequeñas, se puede tratar de estudiar algunas de sus propiedades, la primera posiblemente su espectro.

Las partículas de antimateria tienen cargas opuestas a la materia normal: un anti-protón tiene igual masa que un protón pero carga negativa, y un anti-electrón (o positrón) tiene la misma masa que un electrón pero carga positiva. Se producen algunos anti-protones al bombardear átomos con protones de un acelerador de partículas, mientras que los positrones son emitidos por algunos elementos radiactivos. Un átomo de anti-hidrógeno está formado por un anti-protón y un positrón; cuando una partícula de antimateria choca con materia común, se produce la aniquilación de la antipartícula y de una masa igual de materia, con producción de piones y una cantidad de energía igual a mc^2 (donde m es la masa total aniquilada). En el CERN estos átomos fueron producidos mezclando anti-protones y positrones luego de frenar el movimiento de dichas partículas por medio de campos eléctricos y trabajando cerca del cero absoluto, a 15 K. Los átomos de anti-hidrógeno producidos, al ser neutros, no pueden ser aislados de las paredes del recipiente que los contiene, chocan y se produce la aniquilación de masa. Esta permite comprobar la existencia de un átomo de anti-hidrógeno a través de la detección de los característicos piones y rayos gamma emitidos y la reconstrucción de sus trayectorias hasta un origen coincidente.

El primero en observar un positrón, en una cámara de niebla, fue C. D. Anderson, en 1932,. Por este descubrimiento compartió el Premio Nobel de Física en 1936. Pero hubo que esperar hasta 1955 para detectar el anti-protón, y por este éxito recibieron el Premio Nobel de Física en 1959 O. Chamberlain y E. G. Segré.

Se puede encontrar un breve resumen del artículo original en el site de Nature Science Update www.nature.com/nsu/020916/020916-7.html

Para reflexionar

ANALIZANDO DIFICULTADES EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE QUÍMICA: LA COMPRENSIÓN DEL ENUNCIADO.

M. Azcue, M. L. Diez, V. Lucanera, N. Scandroli

Facultad de Ciencias Veterinarias - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires - Campus Universitario - Paraje Arroyo Seco - 7000 - Tandil – Argentina
Tel - Fax: 02293-422357/6667 - nscan@vet.unicen.edu.ar

INTRODUCCIÓN

Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación que fue evaluado y aprobado en agosto de 2002, por la Secretaría de Ciencia y Técnica de la UNCPBA. Fue presentado en octubre 2002 en la XI REQ (Reunión de Educadores en la Química de la República Argentina), realizada en San Rafael (Mendoza).

El objetivo general del proyecto, es responder la pregunta:

¿Se puede enseñar a "ver" la estrategia de resolución de un problema?

Esperamos poder dar respuesta a esta pregunta, puesto que al analizar las dificultades que presentan los alumnos para resolver situaciones problemáticas relacionadas con la Química, se pueden obtener datos en cuanto a los obstáculos epistemológicos presentes en tres fuentes: naturaleza del problema, características del estudiante que resuelve el problema, y las del entorno de aprendizaje.

Se podrán además, determinar las habilidades procedimentales fundamentales y básicas para resolver problemas de Química, y su influencia en las estrategias de razonamiento.

Con los insumos anteriores, se elaborarán orientaciones didácticas que integren una propuesta metodológica de enseñanza - aprendizaje, que permitan mejorar el desempeño de los alumnos, y por lo tanto, lo que se pretende es transferir los resultados obtenidos a la práctica docente, de manera tal de contribuir así al mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias.

En la etapa inicial de este proyecto, se ha realizado un *diagnóstico para explorar las dificultades en la comprensión de un enunciado*, tomando como muestra, alumnos de 1º, 2º y 3º Año Polimodal con orientación en Ciencias Naturales (Colegio de la Sierra, Colegio Sagrada Familia y E.E.M. N° 8), de 1er año de la Facultad de Ciencias Veterinarias (FCV) de la UNCPBA y de 3er Ciclo de la EGB (Colegio de la Sierra), todos de la ciudad de Tandil.

ANTECEDENTES

La creatividad y el pensamiento serán las commodities del futuro", afirma en un artículo publicado el 5 de setiembre de 2001 en el Diario La Nación, Edward De Bono, especialista de la educación graduado en Oxford. Luego agrega: "El pensamiento es la capacidad humana más básica y durante 2400 años le hemos prestado muy poca atención."

Sin embargo, existen numerosos estudios y la revisión de esas investigaciones realizadas en la temática de resolución de problemas, no resulta simple, dada la extensión en el tiempo y la gran cantidad de publicaciones que han enfocado el tema.

Moreira (1999), expresa: en una revisión de 60 años de los artículos publicados en *Science Education*, encuentran que el primer artículo en el primer volumen de esta revista (entonces llamada *General Science Quarterly*) fue escrito por John Dewey acerca del **método de la ciencia a través de la resolución de problemas**.

Luego agrega: "Según sea la concepción acerca de la resolución de problemas, la búsqueda lleva a los inicios de los estudios sobre psicología y pensamiento. Existe diversidad de enfoques teóricos y metodológicos a lo largo del tiempo, tanto en la definición y caracterización de las variables como del problema investigado. Esta circunstancia hace muy difícil encontrar similitudes y diferencias aún en estudios contemporáneos entre sí. Esta simultaneidad de enfoques diferentes puede ser, entre otros, uno de los factores de fuerte incidencia por los que la investigación en el área ha dado magros resultados en las aulas."

Revisando investigaciones referidas a la resolución de problemas en ciencias, su abordaje sigue siendo sumamente complejo.

"Con las limitaciones de toda clasificación, las dificultades en la resolución de problemas pueden ser las siguientes: asociadas con el enunciado, con los conocimientos necesarios, con el proceso de resolución, con las características del sujeto que se enfrenta al problema". (J.M. Sánchez Jiménez - 1995)

La resolución de problemas puede enfocarse con diferentes marcos: desde una psicología conductista (asociacionista), desde las psicologías de la Gestalt (configuración), y desde psicologías cognitivas. (Piaget, Chomsky, Vigotsky, Ausubel)

La elección más realizada en la actualidad es la de Ausubel, que se justifica por ser uno de los desarrollos que con una posición constructivista está claramente orientado hacia la enseñanza, con referencia explícita a otras variables instruccionales. Por otro lado, Ausubel se ocupa específicamente de los procesos de aprendizaje y de enseñanza de conceptos científicos a partir de los conceptos previamente formados en la vida cotidiana, constituyendo una de las primeras propuestas que tiene en cuenta los conocimientos previos de los aprendices.

"La habilidad de reconocer e interpretar el problema, tanto como los conocimientos previos, son variables importantes en la solución de problemas. La relación entre estas variables cognitivas y el éxito en su resolución, está influenciada por la familiaridad del problema para el estudiante. La efectividad en su resolución no sólo depende de sus

conocimientos básicos, sino también de un procedimiento adecuado que incluye la redescipción del problema original, de forma tal de facilitar la búsqueda de una solución. El nexo entre la estructura cognitiva del alumno y la nueva información es más importante que el existente entre conceptos en la estructura cognitiva. Para que los conocimientos que posee el alumno le sirvan para resolver problemas exitosamente, deben haber sido aprendido significativamente. Han de aprenderse además determinadas habilidades y estrategias, entrenar a los alumnos a relacionar conceptos e interpretar problemas, a resolver problemas familiares, no familiares y parcialmente familiares". (Lee, K. - 1996)

"Fomentar en los alumnos la capacidad de aprender a aprender. Uno de los vehículos más asequibles para llevar a los alumnos a esta habilidad, es la resolución de problemas. El objetivo final de que el alumno aprenda a resolver problemas es que adquiera el hábito de plantearse y resolver problemas como forma de aprender". (Pozo Muncio J. I. - 1994).

Para finalizar esta revisión, adherimos a lo manifestado por Gangoso Z. (1999), que manifiesta:

"La compleja naturaleza del evento educativo, requiere flexibilidad y creatividad para decidir cómo construir e interpretar los fenómenos educativos. Pero esto en modo alguno significa resignar lo que consideramos aspectos básicos tales como la consistencia, la claridad en los razonamientos, la honradez y la responsabilidad, que integrados a la tarea de investigar se conviertan en virtudes cotidianas".

PLANTEO DEL PROBLEMA.

En varias oportunidades, hemos visto que enunciados de problemas, aparentemente sencillos, complicaban en demasía a los alumnos, para la resolución del mismo, y en consecuencia, era muy bajo el porcentaje que respondía correctamente.

Coincidimos con Sanchez Jimenez, J. M (1995) que dice: "La comprensión inicial del enunciado del problema es considerada indispensable en todas las propuestas metodológicas que ofrece la investigación educativa, aunque se nombre de formas diferentes (interpretar, definir, analizar, clarificar, etc.) y con variaciones según el tipo de problema del que se trata. Las diferentes redacciones que puede adoptar un mismo problema, constituyen un factor significativo en los resultados obtenidos. Se pueden encontrar dificultades relacionadas con la extensión total o con las diversas frases, con la complejidad gramatical, con el vocabulario utilizado, etc. Los cambios de una sola palabra, pueden dificultar la apropiación del problema por el estudiante, así como lo hacen la estructura de las frases, o el uso de formas negativas. Todo profesor puede fácilmente comprobar o refutar estas conclusiones, presentando un mismo problema de diferentes formas".

METODOLOGÍA

Elegimos un problema, para formularlo de distintas maneras, y así poder explorar aquellas dificultades que impedirían la comprensión del mismo.

PROBLEMA ORIGINAL: el siguiente problema fue utilizado en una evaluación realizada con alumnos de 1er. Año de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UNCPBA. En nuestro trabajo, nos interesa la resolución del inciso a).

Una damajuana que contiene 5 litros de solución 2M de glucosa ($C_6H_{12}O_6$), tiene una masa total de 6,5 kg. Si en la damajuana sólo se colocan 3 litros de esa solución, la masa total (damajuana + solución) es de 4,1 kg. Calcule:

- La masa de la damajuana vacía.** *
- La densidad de la solución
- La concentración expresada en % m/m.
- La concentración molal
- La molaridad que debe tener otra solución de glucosa, para que al mezclar 3 litros de ésta, con los 5 litros 2M, se obtenga una solución de concentración 1,5M.

Vimos que sólo un 10 % aproximadamente resolvía bien dicho inciso, que aparentemente, no debía ofrecer mayores dificultades, pues no se necesita utilizar conceptos químicos específicos, ni estrategias de resolución complejas, sino que requiere una comparación de ambos recipientes y la extracción de una inferencia: la diferencia de volúmenes genera una diferencia en la masa. Es decir, dos litros de solución poseen una masa de 2,4 kg.

No hay duda de que se trata de un problema distinto a los tradicionales, y "se trata de evitar que el alumno conteste mediante una sustitución mecánica del correspondiente algoritmo matemático previamente memorizado". (García García, J. J. – 2000)

Pensamos que la cantidad de datos que aparecían en el enunciado, podía ser una de las causas de las dificultades en la resolución del inciso a). Por esta razón, **formulamos la pregunta de diferentes maneras** para poder investigar (en alumnos de Polimodal y en universitarios), la relación entre las distintas redacciones y la aparición de dificultades que impedirían la comprensión del mismo. (Anexo 1).

* El inciso a) del problema anterior es una adaptación de un ejercicio utilizado en la Olimpiada Matemática Argentina, el cual fue utilizado con alumnos de EGB, ya que consideramos que la habilidad procedimental necesaria para resolverlo es la misma, aunque con diferente lenguaje. (Anexo 2)

RESULTADOS

La Tabla 1 muestra los resultados correctos obtenidos para las 5 versiones del problema original, de los alumnos de 1°, 2° y 3° Polimodal de las escuelas Medias, y de los alumnos de la FCV.

	FCV	SAGRADA FAMILIA			COLEGIO DE LA SIERRA			E.E.M.N ° 8	
		1 ° P	2 ° P	3 ° P	1 ° P	2 ° P	3 ° P	1 ° P	2 ° P
	<i>N = 99</i>	<i>N = 28</i>	<i>N=17</i>	<i>N = 12</i>	<i>N = 10</i>	<i>N = 14</i>	<i>N = 8</i>	<i>N = 20</i>	<i>N = 31</i>
Versión 1	6 %	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0 %	6,4 %
Versión 2	5 %	3,5 %	17,6 %	-----	10 %	28,5 %	-----	0 %	12,9 %
Versión 3	6 %	0 %	0 %	8,3 %	30 %	21,4 %	37,5 %	0 %	3,2 %
Versión 4	-----	0 %	-----	8,3 %	-----	0 %	12,5 %	-----	0 %
Versión 5	8 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	12,5 %	-----	0 %
% Total	25 %	3,5 %	17,6 %	16,6 %	40 %	29,9 %	62,5 %	0 %	22,5 %

Tabla 1

La Tabla 2 muestra los resultados globales de los alumnos en cada año de Polimodal, de la FCV, y de los alumnos de 5° a 9° año de EGB.

	1 ° P	2 ° P	3 ° P	FCV	5 ° EGB	6 ° EGB	7 ° EGB	8 ° EGB	9 ° EGB
	<i>N =58</i>	<i>N =62</i>	<i>N =20</i>	<i>N =99</i>	<i>N =23</i>	<i>N =25</i>	<i>N =23</i>	<i>N =23</i>	<i>N =41</i>
% Total	8,57 %	27,35 %	35 %	25 %	43,9 %	28 %	52 %	50 %	63,4 %

Tabla 2

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Varían los porcentajes de alumnos que lo resuelven en forma correcta (entre un 8 % y un 35 %), según la versión del enunciado y el año en que se encuentran. Ninguna de las versiones, tiene significativamente un mejor rendimiento en todos los cursos.
- Es muy llamativo el bajo % de eficiencia en 1° año Polimodal (8,57%), mejorando en 2° y 3° Polimodal (27,35 y 35 % respectivamente).
- Es muy bajo el % de eficiencia de los alumnos de la FCV, menor que el rendimiento en 2° y 3° Polimodal.
- Llama mucho la atención que el mayor porcentaje de resolución correcta, corresponde a los alumnos de EGB, si bien puede estar influyendo el diferente lenguaje utilizado.

e) En cuanto a los resultados, surgen varias categorías de respuestas, de acuerdo a las dificultades encontradas:

- Afirman que el recipiente vacío no tiene masa.
- Consideran una relación directamente proporcional, a la masa y el volumen dado para cada recipiente.
- Utilizan ecuaciones matemáticas, mezclando variables.
- Calculan la masa de cero litro.
- Restan masas y volúmenes pero no logran continuar la resolución.
- Manifiestan que falta como dato la densidad.

CONCLUSIONES

Creemos que el desconcierto casi general, que ha generado este problema en todos los cursos tomados como muestra, se debe a la falta de costumbre para enfrentar la resolución de problemas creativos, como así también a un insuficiente conocimiento matemático, siendo por lo tanto, responsabilidad de los profesores de Ciencia, coordinar acciones con los profesores de Matemática para solucionar esas dificultades.

También, consideramos que debemos trabajar más, las posibles interpretaciones de los enunciados por parte de los alumnos en una suerte de “torbellino de ideas que pueden dar buenos resultados en este tipo de problemas”. (Perales Palacios F. J. –2000).

Por último, coincidimos con este autor, en que: “El profesor debería partir de esas estrategias espontáneas (normalmente identificables como la búsqueda de la ‘fórmula’ que permita lograr el resultado ‘correcto’) e ir las conduciendo progresivamente hacia otras más coherentes con los procedimientos de la Ciencia”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ausubel, D; Novak, J y Hanesian, H, (1983), *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. Trillas. Méjico

Chang, R (1992), *Química*. Mc. Graw Hill.

Furió Mas, C. J; Iturbe Barrenetxea, J; Reyes Martín, J. V., (1994), Contribución de la Resolución de Problemas como Investigación al Paradigma constructivista de Aprendizaje de las Ciencias. *Investigación en la Escuela*, Nro. 24.

Gangoso, Z, (1999), *Investigaciones en Resolución de problemas en Ciencias. Bases teóricas, metodológicas y epistemológicas para la Investigación en Enseñanza de las Ciencias*. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. Universidad de Burgos España.

García García, José Joaquín, (2000), La solución de situaciones problemáticas: Una estrategia didáctica para la enseñanza de la Química, *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (1), 113-129.

- Gil, D. et al**, (1991), *La Enseñanza de las Ciencias en la escuela secundaria*, Capítulo II, ICE Universidad de Barcelona, Ed. Hosori.
- Hayman, John L**, (1968), *Investigación y Educación*. Paidós Educador.
- Johnson -Laird, P.N**, (1983), *Mental Models*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Lee, K. L. et al**, (1996), Cognitive Variables in Problem Solving in Chemistry: A Revisted Study. *Science Education*, 80 (6), 691-710.
- Moreira, Marco A**, (1999), *Pesquisa em Resolucao de Problemas em Fisica: uma visao contemporanea. Bases teóricas, metodológicas y epistemológicas para la Investigación en Enseñanza de las Ciencias*. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. Universidad de Burgos España.
- Novak, J. D.**; (1988), Constructivismo humano: un consenso emergente. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), 213 -223.
- Novak, J. D.; Gowin, D.**, (1988), *Learning How to Learn*. Traducción castellana, Campanario J. y Campanario E.: *Aprendiendo a Aprender*. Martínez Roca, Barcelona, España.
- Osborne, J. R.; Freyberg, G.**, (1991), *El Aprendizaje de las Ciencias*. Traducción castellana, Madrid, Narcea.
- Perales Palacios, F. J.**, (2000), *La resolución de problemas*, Didáctica de las Ciencias Experimentales, Ed. Marfil.
- Pozo, J. I. et al**, (1994), *La Solución de Problemas*, Aula XXI, Santillana.
- Sanchez Jimenez, José M**, (1995), Comprender el enunciado. Primera dificultad en la resolución de problemas. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Nro. 5, 37-45.

ANEXO 1

Versión 1:

Una damajuana que contiene 5 litros de una solución de agua salada posee una masa de 6,5 kg. Si en cambio contiene 3 litros de la misma solución, la masa es de 4,1 kg.

¿Cuál es la masa de la damajuana vacía?

Versión 2:

Una damajuana que contiene 5 litros de una solución de agua salada posee una masa total (damajuana + solución) de 6,5 kg.

Si en cambio contiene 3 litros de la misma solución, la masa total es de 4,1 kg.

¿Cuál es la masa de la damajuana vacía?

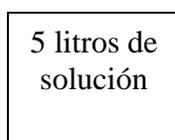
Versión 3:

Una damajuana contiene 3 litros de agua salada y posee una masa de 4,1 kg. Se le agrega de la misma agua salada hasta un volumen final de 5 litros, y la masa es de 6.5 kg

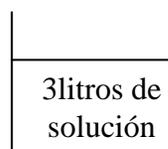
¿Cuál es la masa de la damajuana vacía?

Versión 4:

Se poseen 2 recipientes iguales:



Masa 6,5 kg

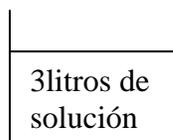


Masa 4,1 kg

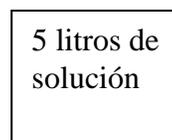
¿Cuál es la masa del recipiente vacío?

Versión 5:

Se poseen 2 recipientes iguales:



Masa 4,1 kg



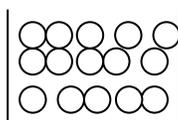
Masa 6,5 kg

¿Cuál es la masa del recipiente vacío?

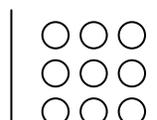
ANEXO 2

Un frasco con 15 caramelos pesa 50 gramos, y el mismo frasco con 9 caramelos pesa 32 gramos.

¿Cuánto pesa el frasco vacío, sin los caramelos?



50 gramos



32 gramos

Ideas para el aula

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE EN MASA DEL NaHCO₃ EN ANTIÁCIDOS EFERVESCENTES. UN EXPERIMENTO A MICROESCALA

Daniel Bartet Pastene

Departamento de Química, Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.
Santiago, Chile

Correo electrónico: dbartet@umce.cl

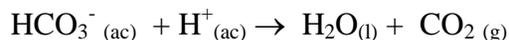
Resumen

En el presente artículo se propone una actividad experimental a microescala para determinar en forma eudiométrica el porcentaje en masa del NaHCO₃ en antiácidos efervescentes, usando jeringas de 60 mL como cámara de reacción y al mismo tiempo recoger el CO₂ liberado en la reacción. El experimento propuesto es de fácil ejecución, sus resultados experimentales son confiables y se puede realizar en la sala de clase.

INTRODUCCIÓN

La determinación experimental del porcentaje en masa de NaHCO₃ en antiácidos efervescentes o en polvos de hornear constituye una aplicación muy ilustrativa de la estequiometría, es de fácil ejecución y sus resultados experimentales son muy exitosos.

Tanto los antiácidos efervescentes como los polvos de hornear son mezclas de NaHCO₃ y un compuesto sólido de carácter ácido, como el ácido cítrico; los polvos de hornear suelen contener también monohidrógenofosfato de calcio. Al agregar agua a cualquiera de ellos se produce una abundante efervescencia, debida a la liberación de CO₂, producto de la reacción en el medio acuoso del bicarbonato de sodio con el ácido presente en el producto utilizado



Como la razón estequiométrica NaHCO₃ / CO₂ es de 1 mol:1 mol, la determinación del porcentaje en masa del NaHCO₃ se puede obtener midiendo la pérdida de masa que se produce durante la reacción (Yue-Huey Chen y otro, 2002) o midiendo el volumen de CO₂ producido durante la misma (Peck, L. y otro, 1980). En el experimento que se propone en este artículo, se mide el volumen de CO₂ liberado utilizando una jeringa desechable de 60 mL, en cuyo interior se produce la reacción (Mattson, 2001), la que se puede adquirir en farmacias o casa comerciales que venden artículos médicos. Para sellar la jeringa se puede emplear un tapón de goma pequeño o uno de acrílico.

Dado que en la etiqueta del antiácido estudiado, la “Sal de Fruta Eno”, se indica que 100 g del antiácido contienen 56,70 g de NaHCO₃ y 43,30 g de ácido cítrico, equivalentes a 0,669 mol de NaHCO₃ y 0,203 mol de ácido cítrico, esta última cantidad inferior en 0,020

mol para la reacción de todo el NaHCO_3 del antiácido, en la experimentación la muestra de sal de fruta se hace reaccionar con una solución acuosa de vinagre, a fin de proporcionar al medio un exceso de ácido para la total reacción del NaHCO_3 y obtener el máximo desprendimiento de CO_2 .

PARTE EXPERIMENTAL

Materiales	Reactivos
- Jeringa con tapón de 60 mL	- Sal de Fruta Eno u otra
- Vaso de precipitados de 100 mL	- Solución agua/vinagre en la proporción 1:1
- Probeta de 50 mL	- Aceite de silicona (lubricante)
- Navecilla portasustancia, puede usarse la tapa de un tubo de dentífrico	
- Balanza con sensibilidad $\pm 0,01$ g	

Procedimiento

- 1.- Preparar la solución agua-vinagre, disolviendo 25 mL de vinagre en 25 mL de agua.
- 2.- Lubricar la goma del émbolo de la jeringa con aceite de silicona a fin de facilitar su desplazamiento y prevenir la fuga de CO_2 .
- 3.- Pesar en la navecilla una masa de unos 0,30 g de antiácido efervescente y luego colocar en el interior del cuerpo de la jeringa. Para ello, se retira el émbolo y, tapando el extremo, se llena la jeringa con agua. (Fig. 1). Luego, se deposita la navecilla con la muestra en la superficie del agua (Fig.2); se destapa la jeringa para vaciarla y depositar la navecilla en el fondo. Finalmente, se inserta el émbolo y se ubica inmediatamente sobre la navecilla (Fig.3).

Figura 1

Figura 2

Figura 3

- 4.- Con la jeringa así preparada, se succionan 5 mL de la mezcla agua-vinagre (Fig. 4). Se coloca la tapa en la punta de la jeringa y se registra la ubicación del émbolo. Luego, se agita el equipo para provocar la reacción, se observa el desplazamiento del émbolo y cuando se detiene se anota la altura alcanzada. La diferencia entre estas lecturas corresponde al volumen de CO_2 producido en la reacción.

Figura 4

5.- Otros datos necesarios para calcular el porcentaje en masa de NaHCO_3 son la temperatura y la presión atmosférica a las que tuvo lugar la reacción.

Resultados y Discusión

Los resultados experimentales cuantitativos obtenidos en los ensayos realizados muestran que el diseño del experimento propuesto es adecuado, dentro de ciertos márgenes de precisión. Efectivamente, el porcentaje en masa de NaHCO_3 determinado en el antiácido efervescente estudiado es aproximadamente un 5 % inferior al que se indica en la etiqueta: en ella se señala que el contenido de NaHCO_3 es de 56,7 % en masa, en tanto que el resultado experimental fue de 53,8 %. Este resultado se puede considerar satisfactorio para un trabajo con estudiantes de enseñanza media.

Preguntas sugeridas

- 1.- Si a la sal de fruta solo se agregara agua, ¿se liberaría CO_2 ? Fundamentar la respuesta.
- 2.- ¿Por qué en el experimento se usa la mezcla agua-vinagre?
- 3.- Diseñar un experimento para comprobar que el gas liberado en la reacción es CO_2 .
- 4.- ¿Qué relación molar NaHCO_3 /ácido cítrico en la sal de fruta se deriva de los resultados experimentales?

CONCLUSIONES

El trabajo propuesto es de fácil ejecución, los requerimientos de materiales y reactivos son de bajo costo, los reactivos son productos químicos de uso cotidiano en los hogares, los residuos resultantes de la experimentación no constituyen riesgos para los estudiantes. Además, junto al concepto de estequiometría, permite vincular otros conceptos como el de reacciones ácido-base, fuerza de ácidos, solubilidad de gases en agua, leyes de los gases y relacionarlos con situaciones de la vida cotidiana.

Agradecimientos

El trabajo propuesto fue realizado con el apoyo del Proyecto DIUMCE, código 1/05/2002.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Mattson, B.** (2001) *Microscale Gas Chemistry*, 2nd Edition. Educational Innovations, Norwalk, Connecticut.
- Peck, L. y otro** (1980) Bicarbonate in Alka Seltzer, *J. Chem. Educ.* 57 [7], 517.
- Yue-Huey Cheu y otro** (2002) Alka Seltzer Fizzing – Determination of Percent by Mass of NaHCO_3 in Alka Seltzer Tablets, *J. Chem. Educ.* 79 [7], 848.

De interés

QUÍMICA VERDE Y PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

Alicia I. Varsavsky

Coordinadora del área científico-técnica de la FUNDACIÓN NEXUS (Ciencias Sociales-Medio Ambiente-Salud). Santa Fe 1845-7°.D Buenos Aires

e-mail: fundacion@nexus.org.ar

DE LA REMEDIACIÓN A LA PREVENCIÓN

La industria química – que durante mucho tiempo fue considerada proveedora de confort y de innovaciones – ha recorrido un complejo camino que la llevó a ser vista actualmente como una de las principales responsables de ensuciar el planeta. De hecho es la industria que libera la mayor cantidad y variedad de sustancias tóxicas al medio ambiente. Es innegable que los químicos con sus desarrollos han contribuido sustancialmente a contaminar el mundo. Pero no es menos cierto que también participan activamente en la búsqueda de soluciones para los problemas ambientales.

A lo largo de la historia las estrategias destinadas a controlar la contaminación han pasado por distintas etapas. Inicialmente se consideró suficiente diluir los contaminantes presentes en efluentes y/o residuos hasta llegar a las concentraciones exigidas por la legislación. Pero el continuo crecimiento – tanto en cantidad como en variedad – de contaminantes liberados al medio ambiente, la necesidad creciente de controlar mejor esta liberación y la presión ejercida por los movimientos ambientalistas hicieron necesario tratar los efluentes y residuos. Surgieron así los tratamientos conocidos usualmente como “end of pipe” diseñados para disminuir la concentración de los contaminantes en residuos y/o efluentes sin modificar el proceso en el cual son generados. Este tipo de tratamientos tienen asociados costos adicionales que en algunos casos son muy importantes. Como no siempre los beneficios derivados de estos costos son evidentes para las empresas, no llama la atención que usualmente las acciones destinadas a controlar los problemas ambientales se limiten a las mínimas exigidas por la legislación.

Recién en la última década comenzó a tomar cuerpo la idea de que la mejor forma de solucionar los problemas originados por los contaminantes es no generarlos. Este enfoque traslada los controles ambientales desde su lugar tradicional (a continuación del proceso productivo) hacia el proceso `productivo mismo (al cual deben ser integrados). Pero para lograr esta integración es necesario cambiar la forma de pensar la problemática ambiental y evolucionar desde una planificación remediadora – en la que los contaminantes deben ser eliminados de los efluentes y residuos después de haber sido generados – hacia una preventiva, cuyo objetivo es introducir en el proceso de producción las modificaciones

necesarias para minimizar (o eliminar si es posible) tanto la generación de residuos y efluentes como la utilización de sustancias tóxicas.

El objetivo de la prevención de la contaminación es reemplazar los procesos que producen consecuencias ambientales negativas por otros menos contaminantes. Es importante tener en cuenta que la liberación de contaminantes al ambiente (incluyendo la derivada de accidentes) es un indicador de ineficiencia productiva y a su eliminación genera ahorros y beneficios económicos. Es por ello que en las estrategias preventivas la competitividad económica y la calidad ambiental están directamente relacionadas: al mejorar una automáticamente mejora la otra. Y esta es una de sus mayores ventajas sobre las estrategias remediadoras.

EL MARCO CONCEPTUAL

Todas las estrategias preventivas se encuadran en el marco conceptual del desarrollo sustentable cuyo objetivo es *“lograr un desarrollo equilibrado con crecimiento económico, equidad social y utilización racional de los recursos naturales con el fin de satisfacer las necesidades de las presentes generaciones sin comprometer la capacidad de futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”*

El concepto de desarrollo sustentable no es nuevo y si bien ha sido ampliamente utilizado desde hace tiempo (especialmente en los ambientes científicos) comenzó a tener repercusión a nivel mundial a partir de la publicación del informe Brundtland en 1987. Este informe fue el punto de partida de una serie de consultas internacionales que culminaron en la conferencia de Río de 1992 donde fue incorporado en la Agenda 21. A partir de esta fecha los distintos países fueron integrándolo en sus agendas ambientales.

El desarrollo sustentable es una aproximación integral al gerenciamiento de los recursos ambientales, económicos y sociales a largo plazo. En términos sencillos significa modificar la forma de tomar decisiones de manera tal que en ella se incluyan la identificación y evaluación de los impactos económicos, sociales y ambientales y la evaluación a partir de esta información de la sustentabilidad a largo plazo.

Para implementar este tipo de estrategias es necesario que todos los actores (gobierno, comunidad y empresas) trabajen conjuntamente. La realidad mundial actual muestra que pese a toda la publicidad que se le está dando al concepto pocas personas comprenden realmente qué significa y cómo se aplica al trabajo ambiental y a la vida de todos los días.

UN POCO DE HISTORIA

A comienzos de la década del '90 surgieron en el mundo y casi simultáneamente distintas estrategias preventivas. Las más conocidas son:

- Producción más limpia – desarrollado en 1989 por el PNUMA (Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente en su *Programa de la Producción más Limpia*).
- Ecoeficiencia – desarrollado en 1990 por el Consejo Mundial para el Desarrollo Sustentable.
- Prevención de la contaminación – introducido en la legislación de Estados Unidos en 1990 en el “Acta de prevención de la contaminación”.

Las tres se basan esencialmente en la misma idea: *integrar la reducción de la contaminación al proceso de producción e incluso al diseño de producto*, recurriendo – para prevenir la contaminación – a la *revisión y modificación de los procesos con la finalidad de eliminar todas las salidas que no sean productos terminados o materiales reciclables*. Se diferencian principalmente en los objetivos de las organizaciones que las impulsaron.

Las primeras estrategias preventivas que se pusieron en práctica en el mundo se centraron en minimizar la generación de contaminantes introduciendo mejoras en la gestión (control de emisiones fugitivas, mejoras en procedimientos, etc.). Estos cambios son los más rápidos y fáciles de implementar y son los que tienen mejor relación costo/beneficio pero en la medida en que se van imponiendo se hacen necesarios desarrollos que tengan en cuenta la introducción de cambios tecnológicos. En esta etapa los químicos juegan un rol fundamental ya que es necesario diseñar nuevos productos en los que se tenga en cuenta no solamente los rendimientos económicos sino también los ambientales.

Como consecuencia de la promulgación en 1990 en los Estados Unidos del Acta de prevención de la contaminación – que fue la primer ley ambiental de ese país que se centró en la reducción de la contaminación en la fuente en lugar de en la remediación o captura de contaminantes – la American Chemical Society desarrolló el concepto de química verde o química sustentable para referirse a *diseño e implementación de productos y procesos que reducen o eliminan el uso y generación de sustancias peligrosas para la salud humana o el medio ambiente*.

Por su parte las industrias químicas y petroquímicas crearon el “Programa de cuidado responsable del medio ambiente”. Se trata de un programa internacional desarrollado específicamente para estas industrias cuyo objetivo es lograr una mejora continua del desempeño de la industria química en seguridad, salud y ambiente. Tiene como característica especial tratarse de un esfuerzo voluntario puesto en marcha en más de cuarenta países (incluida la Argentina, donde es administrado por la Cámara de la Industria Química y Petroquímica desde mayo de 1992). Se diferencia de otros programas principalmente por ocuparse explícitamente tanto del medio ambiente como de la seguridad y la salud.

CAMBIANDO LA FORMA DE ENFOCAR LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

Como ya se mencionó, generar residuos y/o efluentes cuesta dinero y contamina. La mejor forma de minimizar estos costos es utilizar los insumos de una forma más eficiente. Se logra así disminuir (y en algunos casos eliminar) los costos asociados al tratamiento de residuos y efluentes. El uso más eficaz de los insumos aumenta la rentabilidad de la empresa y al mismo tiempo beneficia al medio ambiente ya que al disminuir la cantidad de residuos y / o efluentes generados se contamina menos. De esta forma los intereses de dos grupos tradicionalmente contrapuestos (los ambientalistas y los industriales) van de la mano.

Pero una cosa es conocer estas ventajas y otra muy distinta es poner estas estrategias en marcha. Existen importantes barreras internas y externas a la empresa que dificultan el proceso. Estas barreras dependen no sólo de aspectos tecnológicos y económicos (desarrollos de productos y tecnologías nuevas que pueden ser costosos) sino también – y principalmente- de las dificultades para lograr que todos tomen conciencia de esta nueva realidad. Por encima de otras consideraciones, los enfoques preventivos requieren cambios en la cultura empresarial y personal, en la de los grupos ambientalistas y en la de los gobiernos de tal magnitud que solamente las empresas y dirigencias con un sentido de liderazgo fuerte y visionario toman la iniciativa en este tema.

Se suele aceptar que las empresas siempre adoptan el camino de menor costo pero la realidad es que las decisiones son tomadas por individuos y los individuos tienen preferencias personales y profesionales que, más que por la lógica, están motivadas por aspectos culturales (tanto de la empresa como de la persona). Problemas tales como la falta de información y de experiencia, el poco conocimiento de los temas ambientales, la existencia de criterios preestablecidos en el proceso de toma de decisión, problemas financieros, la falta de comunicación entre distintas empresas, la inercia en los niveles gerenciales medios, deficiencias en las regulaciones existentes, dificultad en acceder a las tecnologías limpias y/o al financiamiento externo e incentivos económicos mal orientados figuran entre las barreras más importantes.

Como contrapartida, existen motivaciones que llevan a una empresa a adoptar estrategias preventivas. Entre ellas pueden mencionarse la implementación en la empresa de sistemas de gestión ambiental y mejora continua, las iniciativas voluntarias, las mejoras en la productividad, los incentivos económicos, la capacitación, etc.

LA QUÍMICA VERDE

La llamada química verde o química sustentable – es decir *el uso de la química para prevenir la contaminación a través del diseño de productos y procesos químicos que sean ambientalmente benignos* - ha crecido sustancialmente desde su aparición a principios de los años 90. Este crecimiento está basado en un fuerte desarrollo científico guiado por la necesidad económica de lograr un desarrollo sustentable.

Se trata de una herramienta imprescindible cuando se hace necesario introducir mejoras tecnológicas, ya que se ocupa de estudiar y modificar todos los aspectos de los procesos químicos que generen impactos negativos tanto sobre la salud humana como sobre el ambiente. Se parte de la base de que el camino más eficiente para prevenir la contaminación consiste en:

- diseñar productos nuevos que sean útiles y viables comercialmente pero cuya toxicidad sea mínima;
- diseñar – para productos ya existentes – pasos sintéticos alternativos que no requieran sustratos o solventes tóxicos ni generen subproductos tóxicos.

La necesidad de reducir o eliminar el uso o generación de sustancias peligrosas en el diseño, manufactura y aplicación de los productos químicos de manera tal de prevenir la contaminación pone al químico ante un cambio muy importante tanto en la forma de encarar la resolución de los problemas como en su formación profesional.

Tradicionalmente el químico ambientalista se especializó en monitorear el entorno para detectar contaminantes y buscar la forma de eliminarlos o minimizar sus efectos. En la medida en que las estrategias preventivas vayan imponiéndose deberá ocuparse de idear y poner en marcha mecanismos que permitan que su actividad resulte inocua para el medio ambiente. Es necesario modificar los procesos sintéticos pero también se deben desarrollar nuevas metodologías de detección, identificación, monitoreo y separación de contaminantes naturales e industriales, entender mejor los procesos catalíticos que ocurren en los aerosoles, conocer mejor los mecanismos de los cambios fotoquímicos y los de toxicidad (tanto para el hombre como para los ecosistemas), etc.

A lo largo de la historia los químicos se han ocupado de diseñar y rediseñar sus productos para lograr una mayor eficiencia en los procesos. A partir de la consideración de las propiedades físicas y químicas de las distintas moléculas en estudio se buscaba obtener productos con propiedades específicas. De esta forma han sido los principales arquitectos de los productos actualmente en uso y son sus diseños estructurales los que tienen efectos tanto sobre el ser humano como sobre el ambiente.

Tradicionalmente los criterios para priorizar una vía de síntesis sobre otra se basaron en la disponibilidad y precio de materias primas, en los rendimientos del proceso y en el consumo de energía. A partir de la puesta en marcha de estrategias preventivas a estos criterios hay que agregarle los relacionados con la toxicidad (tanto para el ser humano como para los ecosistemas) a lo largo no solamente del proceso de síntesis sino del ciclo de vida del producto que debe

- ser comercialmente útil,
- presentar una mínima toxicidad tanto para el ser humano como para el ambiente,
- ser fabricado en procesos viables,
- no contribuir a la contaminación.

EL CAMINO QUE FALTA RECORRER

Armonizar las consideraciones de seguridad para organismos vivos complejos con las de eficacia industrial y comercial es una meta difícil pero indispensable. Para lograrlo es necesario poder identificar los impactos que tendrán una molécula o un proceso productivo sobre los sistemas biológicos y esto significa extender las rutas de exposición, los mecanismos de acceso y los mecanismos de toxicidad “in vivo” en los distintos organismos. Para ello es necesario contar con información sobre las relaciones entre las estructuras químicas y sus funciones industriales/comerciales pero también con sus posibles actividades biológicas. Una cuidadosa integración de estas dos fuentes de información permitirá llegar al delicado balance necesario entre seguridad y eficacia. Esto fuerza a importantes cambios (tanto en los enfoques de los estudios toxicológicos como en el entrenamiento de los químicos) y conlleva la necesidad de intensificar los trabajos interdisciplinarios.

Pese a las ventajas comparativas de las estrategias preventivas, es importante tener en cuenta que no siempre las ventajas de un producto “verde” nuevo y/o el reemplazo de un producto tradicional por otro verde son tan claras. Los impactos ambientales pueden ocurrir en escalas de espacio y tiempo muy amplias y las instalaciones industriales no aparecen y desaparecen repentinamente. Tampoco ocurre lo mismo con las distintas moléculas sintetizadas, cuyas vidas medias en el ambiente son muy variables. Por esta razón es necesario estudiar las interacciones ambientales en un rango de escalas espacial y temporal amplias teniendo en cuenta el ciclo de vida completo del producto.

Mientras algunos de los problemas ambientales tienen en la actualidad soluciones tecnológicas viables otros todavía no las tienen. Esto hace que la investigación relacionada con la problemática ambiental (que forzosamente es interdisciplinaria) sea cada vez más importante. La posibilidad de encarar integralmente los problemas derivados del agotamiento de los recursos no renovables con los de los costos asociados tanto con la generación y tratamiento de residuos como con el cumplimiento de la legislación vigente definirán la viabilidad de una empresa.

Pero las mayores dificultades no radican tanto en la disponibilidad de tecnologías limpias o verdes sino en superar los obstáculos que dificultan su implementación efectiva (la inercia, el simple acto de ponerse en marcha y el costo de implementar nuevas tecnologías entre otras). También los sistemas de regulación ambiental tienen limitaciones que deben ser consideradas. Es interesante notar que las políticas que sugieren límites aceptables de emisiones, al ignorar el efecto acumulativo de las sustancias en el ambiente, perpetúan los problemas tradicionales de la contaminación en lugar de eliminarlos.

Se mencionó anteriormente que – entre las barreras que se deben superar para imponer estas metodologías – las culturales son las más importantes. Por esta razón en la implementación de una estrategia limpia o verde la educación debe ser un componente fundamental. Y esto significa modificar planes de estudio pero también modificar la forma en la que se consideran las interacciones entre las actividades del hombre y el medio

ambiente. Gran parte de los esfuerzos de la química verde están orientados a lograr que los químicos trabajen conjuntamente con biólogos, ingenieros y científicos de una gran variedad de disciplinas. Los temas ambientales son tan complejos que si no se combinan todas estas fuerzas y se planifica a largo plazo será difícil resolverlos.

La colaboración entre el mundo de los industriales y el mundo académico es fundamental para lograr la introducción de productos verdes en el mercado. Para que esta colaboración sea exitosa es necesaria una gran flexibilidad ya que deben trabajar juntas personas que provienen de estructuras cuyos objetivos tradicionalmente fueron diferentes. Corresponde a los gobiernos generar los mecanismos que permitan facilitar esta interacción a través de la promulgación de legislaciones adecuadas.

Ni las estrategias preventivas ni el diseño de productos químicos ambientalmente benignos son una panacea universal y no solucionarán todos los problemas ambientales del mundo. Tampoco son aplicables en todos los casos. Pero en la medida en que se vayan convirtiendo en una forma de pensar la relación del hombre con su entorno contribuirán significativamente a mejorar la calidad de vida del hombre mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anastas, P. T. y Farris, C. A. editores *Benign by design. Alternative synthetic design for pollution prevention.* ACS symposium series 577.

Culler, Nelson. (2000) *Apuntes para un cuidado responsable del medio ambiente.* Cámara de la Industria Química y Petroquímica.

De Vito, S. C. y Garret, R. L. Editores. (1996) *Designing safer chemicals. Green Chemistry for pollution prevention.* ACS symposium series 640.

Gunningham, N. y Sinclair, D. (1997) *A final report: Barriers and Motivators to the Adoption of Cleaner Production Practices.* Environment Australia. Australian Centre for Environmental Law. The Australian National University. Canberra.

Este artículo fue publicado en **Industria y Química**, N° 344, 2002, y se reproduce con autorización de la Asociación Química Argentina.

De interés

EL ÁTOMO DE CARBÓN

Se puede demostrar que esta historia, totalmente arbitraria, es sin embargo verdadera. Podría contar innumerables historias distintas, y todas serían verdaderas; todas literalmente verdaderas, en la naturaleza de sus tránsitos, en su orden, en sus fechas. El número de los átomos es tan grande que siempre se podría encontrar uno cuya historia coincidiese con una historia cualquiera inventada al azar. Podría contar historias y no acabar nunca, de átomos de carbono que se convierten en color y perfume de las flores; de otros que, desde algas minúsculas a pequeños crustáceos y a peces cada vez más gordos, devuelven dióxido de carbono al agua del mar, en un perpetuo y espantoso carrusel de vida y de muerte, en el cual cada devorador resulta inmediatamente devorado; de otros que alcanzan en cambio una decente semieternidad en las páginas amarillentas de algún documento de archivo, o en el lienzo de algún pintor famoso; de aquéllos a los cuales les tocó el privilegio de entrar a formar parte de un grano de polen y dejaron su impronta fósil en las rocas para despertar nuestra curiosidad; de otros, en fin, que bajaron a integrarse entre los misteriosos mensajeros que dan consistencia al semen humano y participaron en el sutil proceso de escisión, duplicación y fusión del que cada uno de nosotros ha nacido. Pero voy a contar en cambio solamente una historia más, la más secreta, y la voy a contar con la humildad y el comedimiento de quien sabe desde el principio que su asunto es desesperado, sus medios débiles, y el oficio de revestir los hechos con palabras condenado al fracaso en su misma esencia.

Lo tenemos de nuevo entre nosotros, en un vaso de leche. Está inserto en una larga y complejísima cadena, y de tal naturaleza sin embargo que casi todos sus anillos son aceptados por el cuerpo humano. Es deglutido, y como toda estructura viviente entraña una salvaje desconfianza hacia cualquier aportación de otros materiales de origen viviente, la cadena es meticulosamente destrozada y los trozos aceptados o rechazados uno por uno. Uno de ellos, el que nos concierne, traspasa la barrera intestinal y entra en el torrente sanguíneo; emigra, llama a la puerta de una célula nerviosa, entra y suplanta a otro átomo de carbono que formaba parte de ella. Esta célula pertenece a un cerebro, y éste es mi cerebro, el de mi “yo” que escribe, y la célula en cuestión, y dentro de ella el átomo en cuestión, se encarga de mi labor de escribir, en un gigantesco y minúsculo juego que nadie ha descrito todavía. Es la célula que en este instante, surgiendo de un entramado laberíntico de síes y noes, hace a mi mano, sí, correr sobre el papel en una determinada dirección y dejarlo marcado con estas volutas que son signos: un doble disparo, hacia arriba y hacia abajo, entre dos niveles de energía, está guiando esta mano mía para que imprima sobre el papel este punto: éste.

Primo Levi (1990) *El sistema periódico*. México, Alianza Editorial Mexicana. Citado por José Antonio Chamizo en su libro *Cómo acercarse a la Química*, Limusa, México, 1995.

Hojeando revistas

EXÁMENES DE QUÍMICA EN LA UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES, EL DÍA 28 DE DICIEMBRE DE 1868.

Programa de las materias de química enseñadas en dicho año.

La química es la ciencia que trata de los fenómenos o cambios que tienen lugar en los cuerpos, bajo distancias insensibles.

La naturaleza de los cuerpos depende de la combinación y modo de ser de sus principios; mas al paso que éstos estén sujetos a ciertas causas generales hay también leyes especiales, resultantes de la organización, que modifican o varían el influjo de aquellas causas. Así, el estudio de todas las sustancias que se nos ofrece en la química, está dividido en dos partes. La primera trata de las sustancias inorgánicas, o todo el reino mineral; la segunda abraza las sustancias orgánicas, es decir, todas las sustancias del reino vegetal y animal.

Las doctrinas generales de la química enseñan las fuerzas generales que producen los fenómenos químicos, o concurren activamente en ellos. Estas fuerzas son de dos clases, a saber: fuerza de atracción, fuerzas de repulsión.

Después de hablar de la nueva nomenclatura, es necesario tratar la atracción, dividiéndola en atracción de agregación o cohesión, y afinidad química o atracción de composición. De aquí pasamos inmediatamente a conocer aquellos poderes repulsivos que influyen, rigen y muchas veces determinan la combinación de los cuerpos; y bajo este orden estudiamos el modo de obrar del calórico, la luz, la electricidad, el galvanismo, la naturaleza y acción de estos agentes importantes.

El estudio de las sustancias inorgánicas comprende: 1º. El de los cuerpos simples, no metálicos, y sus combinaciones entre sí; 2º. El conocimiento de los metales, y sus combinaciones entre sí, y con los cuerpos no metálicos.

Bajo la denominación de cuerpos simples no metálicos, tratamos del oxígeno, del hidrógeno, del clorino, del azufre, del fósforo, del yodo, del selenio, del boro, del carbono, etc. En seguida examinamos sus compuestos no ácidos, en que gozan un rango principal, el aire atmosférico y el agua; y últimamente tratamos de sus compuestos ácidos.

Los cuarenta metales que hoy nos son conocidos, sus combinaciones entre sí, y con los cuerpos no metálicos, viene a cerrar este cuadro de la química mineral; ocupándonos primero a este respecto de los cuerpos simples metálicos; segundo: de los compuestos metálicos combustibles; tercero: de los compuestos oxigenados, es decir, de los óxidos. En fin, bajo una sección separada, tratamos de la combinación de los ácidos con las bases salificables o los óxidos, y exponemos toda la historia y composición de las sales.

La segunda parte de la química, que trata de las sustancias orgánicas, nos conduce, primero: al examen de las partes de las plantas; fenómenos de la vegetación; productos que nos presenta la naturaleza y el arte dentro del reino vegetal; descomposición de los individuos; segundo: al examen de la composición de las partes de los animales.

Curso de química escrito y dictado por el Catedrático don Manuel Moreno, graduado de la Universidad de Maryland, miembro de la sociedad histórica de Massachussets, socio de la Academia Americana de artes y ciencias de la misma, etc.

Tomado de: El mensajero Argentino, n° 148, 28/12/1868.

Citado por Gutiérrez, Juan María, Orígenes y desarrollo de la enseñanza pública superior en Buenos Aires, La Cultura Argentina, Buenos Aires, 1915

<http://www.argiropolis.com.ar/ameghino/documentos/exquim.htm>

Por la telaraña

www.ciqyp.org.ar Este es el sitio de la Cámara de la Industria Química y Petroquímica de la Argentina. Tiene versión en inglés, links útiles para la actividad y una muy buena guía de seguridad que ofrece como resultado fichas con los recaudos, primeros auxilios y riesgos de cada componente. También, claro, hay un buscador para encontrar las empresas que fabrican cada producto.

www.isenbeck.com.ar La compañía Isenbeck, instalada en el país en 1994, originaria de la ciudad alemana de Hamm, ofrece un interesante sitio web. Tiene un tour virtual por la planta de producción, así como un esclarecedor esquema sobre cómo se fabrica esta antiquísima bebida.

www.nature.com La conocida revista *Nature* es una de las publicaciones del NPG, Nature Publications Group, y este es el site correspondiente. Se puede acceder a él en tres niveles diferentes. Los que están suscriptos a una cualquiera de las publicaciones del NPG pueden acceder al texto completo de los artículos. Los usuarios “registrados” pueden consultar el índice de las revistas y algunos artículos seleccionados. El registro es gratuito y puede hacerse on-line. Una de las secciones útiles para los educadores es Nature Science Update. Hay variados artículos, con temas de actualidad, que los docentes pueden usar en sus clases para interesar a sus alumnos. Se pueden recorrer las diferentes publicaciones del NPG eligiendo una de los dieciséis áreas temáticas, una de las cuales es Química. Los usuarios comunes encontrarán algunos artículos, mientras que los registrados tendrán un más amplio listado para elegir.

XII REQ



Tenemos el agrado de comunicarnos con todos ustedes para informarles que la Universidad Nacional de Quilmes ha sido elegida como sede de la XII REQ . Ubicada en la ciudad de Bernal, Pcia. de Buenos Aires, cuenta con un grupo entusiasta de docentes del área química que ya están trabajando sobre el tema.

La fecha prevista para las jornadas es del 12 al 15 de octubre de 2004. En el próximo número de la revista y por medio de correo electrónico nos comunicaremos con Uds. para hacerles conocer más detalles.

Esperamos verlos a todos y desde ya los convocamos a participar.

Universidad Nacional de Quilmes
Roque Sáenz Peña 180, Bernal (1876)
correo electrónico: Unqreq@unq.edu.ar