

Enseñanza y aprendizaje de ácidos y bases en contexto: acidificación de los océanos

Ensenyament i aprenentatge d'àcids i bases en context: l'acidificació dels oceans

Context teaching and learning of acids and bases: ocean acidifying

Clara Alvarado-Zamorano, Andoni Garritz, Guianeya Valentina Guerra-Santos, Ana María Sosa y Carmen de Teresa / Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)



resumen

Han pasado cuarenta años desde que la educación en ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA) apareciera en la práctica. Sobre todo en Europa, se la conoce como «educación en contexto». *Contexto* significa relacionar explícitamente ciencia y tecnología con asuntos sociocientíficos. En este estudio se presenta una secuencia didáctica en contexto sobre ácidos y bases probada en un bachillerato mexicano y documentada como un repertorio de experiencia profesional y pedagógica.

palabras clave

Ácidos y bases, química en contexto, repertorio de experiencia profesional y pedagógica, acidificación del océano.

resum

Han passat quaranta anys des que l'educació en ciència, tecnologia, societat i ambient (CTSA) aparegués a la pràctica. Sobretot a Europa, on se la coneix com «educació en context». *Context* significa relacionar explícitament ciència i tecnologia amb assumptes sociocientífics. En aquest estudi es presenta una seqüència didàctica en context sobre àcids i bases provada en un batxillerat mexicà i documentada com un repertori d'experiència professional i pedagògica.

paraules clau

Àcids i bases, química en context, repertori d'experiència professional i pedagògica, acidificació de l'oceà

abstract

It has been forty years since science, technology, society and environment (STSE) education appeared in practice. In Europe, these approaches are denominated as «context-based education». *Contexts* are meant to explicitly relate the sciences and technology to socio-scientific issues. In this study a teaching/learning sequence in context about acids and bases is presented as was the experience of the authors in a Mexican high school and documented as a professional and pedagogical experience repertoire. In addition to the learning of the concepts, this proposal allowed the development of fundamental skills in science.

keywords

Acids and bases, chemistry in context, professional and pedagogical experience repertoire, ocean acidifying.

Introducció

Han pasado cuarenta años desde que la educaci3n en ciencia, tecnologa, sociedad y ambiente (CTSA) apareciera en la pr3ctica y en la investigaci3n de la educaci3n cientifica (Pedretti y Nazir, 2011). Ahora, sobre todo en Europa, se la conoce como «educaci3n en contexto» y asume que los estudiantes necesitan encontrar la soluci3n a problemas reales al plantear preguntas, dise1ar y conducir investigaciones, reunir informaci3n y analizarla, interpretar, crear explicaciones y concluir, al hacer un informe de sus hallazgos.

El concepto *contexto* es complejo. A pesar de que Duranti y Goodwin (1992) indican que quiz3s no sea posible definirlo, despu3s dan cuatro atributos del «contexto» con los que nos adelantamos una posible definici3n:

a) Un escenario, un marco social, espacial y temporal, dentro del cual se sitúan encuentros mentales con sucesos focales.

b) Un ambiente conductual de los encuentros, la manera en que ha sido encarada la tarea relacionada con el suceso focal y que se utiliza para enmarcar la conversaci3n que entonces tiene lugar.

c) El empleo de un lenguaje especifco, conforme tiene lugar la conversaci3n asociada con el suceso focal.

d) Una relaci3n con el conocimiento extrasituacional.

Resulta difcíl asimilar esta definici3n a trav3s de los cuatro atributos, salvo como lo hace Gilbert (2006), quien da una terna de ejemplos, uno de ellos con un sismo, otro sobre la contaminaci3n del agua para nadar y el tercero con la «química del calentamiento global». Sobre este último, proporciona los siguientes atributos, que lo hacen mucho más comprensible que los párrafos anteriores:

Destacat

Atributo a) ¿D3nde, cu3ndo y c3mo est3 situado el suceso focal? El suceso focal es el fen3meno del calentamiento global, manifestado a lo largo del mundo de diferentes formas.

Atributo b) ¿Qu3 hace la gente en esta situaci3n? ¿Qu3 acciones toma? Discute medidas para reducir la producci3n de gases invernadero, incluso las medidas para eliminarlos de la atm3sfera.

Atributo c) ¿En qu3 lenguaje habla la gente en relaci3n con sus acciones? Habla sobre las estructuras y los modos de vibraci3n de las mol3culas de gases invernadero, con énfasis en la explicaci3n de la acumulaci3n de energa térmica en la atm3sfera.

Atributo d) ¿Cu3l es el conocimiento de aquellos que actúan? Habla de la necesidad de una educaci3n general que toque el tema de la estructura y el movimiento molecular, así como de la conversi3n de energa.

En otra secci3n, volveremos a estos atributos, pero para la ense1anza-aprendizaje de los ácidos y las bases.

Hace tiempo, uno de los autores de este trabajo (Garritz, 1994) introdujo en Méjico el tema del enfoque en ciencia, tecnologa y sociedad en la ense1anza, el cual tiene una historia remarcable, ya descrita por Aikenhead (2005) en los años setenta del siglo pasado. Recientemente, la revista *Internati-*

tional Journal of Science Education dedicó el número de julio de 2006 al tema de la ense1anza de la química en contexto (Gilbert, 2006; Parchmann *et al.*, 2006; Pilot y Bulte, 2006; Bennett y Lubben, 2006; Schwartz, 2006).

Gilbert (2006) presenta cuatro modelos de ense1anza-aprendizaje en contexto que involucran intentos recientes de reforma en el dise1o de cursos de química. El sucesivo es más completo que los anteriores, por lo que hay que quedarse con el último, al que llama «contexto como circunstancias sociales», en el cual el contexto es situado como una entidad cultural en la sociedad. En este modelo, los t3picos y las actividades de la gente se consideran un escenario de importancia para la vida en comunidad de la sociedad (atributo a). Se tiende a lograr una participaci3n como comunidad de pr3ctica (atributo b). El aprendizaje tiene lugar como un conjunto de acciones en un lenguaje especializado sobre conceptos químicos importantes (atributo c). Se logra instalar la indagaci3n como compromiso común entre profesor y estudiantes como conocimiento extrasituacional (atributo d). Los estudiantes logran transferir a otro suceso focal lo aprendido en este (Gilbert, Bulte y Pilot, 2011), aunque resulta sumamente difcíl encontrar al profesor con los conocimientos disciplinario y pedag3gico del contenido (Shulman, 1987) suficientes para realizar la labor docente que demanda un modelo de este tipo.

Metodología

Esta es la segunda parte de un trabajo (Guerra, Alvarado, Zenteno-Mendoza y Garritz, 2008) iniciado en 2006 y cuyos primeros resultados fueron presentados hace tres años, cuando la revista *Educató Química* estaba por cumplir veinte años y dedicó un

número especial (octubre de 2008) al tema de la enseñanza de la química en contexto. La secuencia de enseñanza aplicada entonces fue modificada y vuelta a aplicar en octubre de 2009, también en el Colegio de Ciencias y Humanidades de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Consistió en seis sesiones que se llevaron a cabo con entre veintiséis y treinta estudiantes en un aula-laboratorio. Participaron una profesora titular, otra en formación y tres investigadores: todos coautores de este trabajo. Es decir, se fomentó con ello el manejo de la enseñanza de la química en contexto por los profesores de bachillerato en formación (Stolk, Jong, Bulte y Pilot, 2011). Se transcribieron todas las sesiones y se hizo un resumen de cincuenta y una cuartillas en forma de un repertorio de experiencia profesional y pedagógica (RePyP), como lo denominan Loughran, Mulhall y Berry (2004), que incluyeron la descripción de lo sucedido, algunos de los diálogos y los comentarios de la profesora titular y de los investigadores como notas. Pone-mos a disposición de los interesados este RePyP.

Ácidos y bases: ¿Qué hay de su enseñanza en contexto?

Hubo que considerar las concepciones alternativas de los estudiantes para fomentar aprendizajes significativos, preparar la secuencia con actividades colaborativas que involucren modelación y diseño de sistemas y, así, plantear retos cognitivos (Talanquer, 2011). Demerouti, Kousathana y Tsaparlis (2004) describen estas concepciones para nuestro tema y las clasifican en las siete categorías del contenido: a) disociación y ionización; b) definición de ácidos y bases, según Brønsted-Lowry; c) equilibrio iónico; d) neutralización ácido-base; e) pH;

f) disoluciones amortiguadoras, y g) grado de ionización.

Ya contamos con un conjunto de esquemas que toman el currículo completo de la química con la inclusión de contextos, incluido nuestro tema, por ejemplo, en la Gran Bretaña: *Salters' Chemistry* (Hill et al., 1989; Campbell et al., 1994; Bennett y Lubben, 2006), y sus aplicaciones en España: Grupo *Salters* (Grupo *Salters*, 1997; Caamaño, 2001); en los Estados Unidos: *Chemistry in the Community* (con sus cinco ediciones, ha cubierto hasta el 20 % de la matrícula de bachillerato en aquel país; American Chemical Society, 1998) y *Chemistry in Context* (iniciado por Schwartz et al., 1994; continuado por Stanitski et al., 2000; reseñadas ambas ediciones por Schwartz, 2006, y más tarde por Pryde-Eubanks et al., 2006), y en Alemania: *Chemie im Kontext* (Parchmann et al., 2006; Parchmann, 2011).

La química a la hora de comer es abordada por Selinger (1989, p. 407), quien habla de la adición de ácidos para proporcionar acritud a la comida o para alterar la acidez del medio (por ejemplo, para bajar el pH de productos enlatados, con lo que se evita la cristalización de mermeladas y jaleas).

Salters' Chemistry habla de la lluvia ácida (Hill et al., 1989, p. 155-157) debida a la presencia de óxidos no metálicos en la atmósfera, lo que afecta a los materiales de los edificios y a la vida de las plantas. *Chemistry in Context* dedica todo un capítulo también a la lluvia ácida desde su primera edición (Schwartz et al., 1994, cap. 6, «Neutralizing the threat of acid rain», p. 151-179).

Hill (1992, cap. 7, p. 201-222) le da una importancia equilibrada a ácidos y bases, junto con sus repercusiones en la salud. Lo mismo puede decirse de Snyder (1992, cap. 10, p. 259-297), que profundiza en los modelos de Arrhenius, Brønsted-Lowry y Lewis y en muchos temas contextuales.

Waldron (2007) (fig. 1) habla del empleo de fenoltaleína en la pintura para aviones, lo que permite ver la aparición de la corrosión del aluminio de las alas como puntos rosados.

Erduran (2007) emplea la modelización para hablar de los ácidos y las bases en un curso de primer año de la enseñanza secundaria, presentando modelos analógicos, a escala, icónicos, conceptuales y representativos.

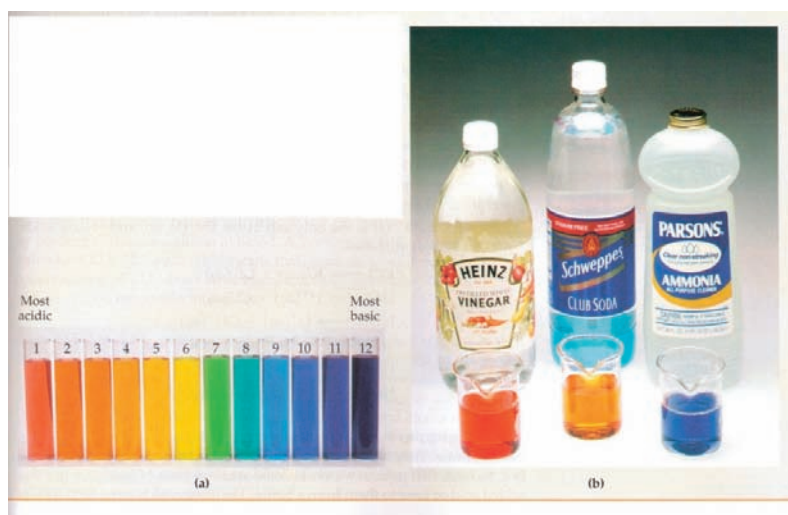


Figura 1. Indicador universal de pH aplicado a tres productos comerciales. Imagen tomada de Waldron (2007).

La enseñanza en contexto para el tema de ácidos y bases, según sus atributos: el caso de la acidificación oceánica

Para la enseñanza del tema de los ácidos y las bases, se tomó como contexto un escenario (atributo a) que representa un problema que nos atañe a todos: la acidificación de los océanos (Harrould-Kolieb y Savitz, 2009).

Los océanos absorben aproximadamente un 30 % de las emisiones globales de CO₂. Por ello, es necesario tomar una serie de medidas para reducir los niveles de CO₂ en la atmósfera (atributo b). Estas incluyen varias de carácter individual y general:

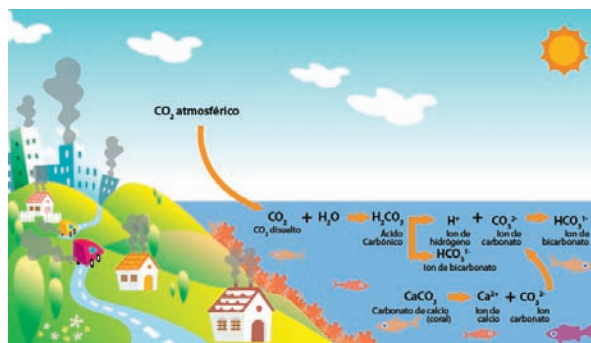
- La sustitución de la producción de energía basada en el carbón por otra basada en energías alternativas, como la solar, la eólica y el hidrógeno.

- El aumento de la eficiencia energética en coches, camiones, trenes, aviones y barcos, así como en el hogar, las oficinas, las centrales eléctricas y el sector industrial.

- La reducción de la deforestación, al impulsar la plantación de más árboles para ayudar a disminuir la concentración de CO₂.

El lenguaje específico (atributo c) incluye términos como *ácidos*, *bases*, *neutralización* y *pH*. Desde el inicio de la revolución industrial, alrededor de ciento cuarenta y dos mil millones de toneladas (esencialmente producidas por el género humano) se han disuelto en el océano, lo cual ha creado ácido carbónico, que tiende a reducir el pH del océano. El pH estimado de la superficie del océano en 1751 era 8,25; en 2004, ya se midió como 8,14 (un descenso de 0,1 unidades, lo que representa un aumento del 30 % en la acidez), y se estima que al final de este siglo sea 7,85 (una caída de otras 0,3 unidades, esto es, un aumento de la acidez de

Figura 2. Representación de la química de la acidificación del océano (Harrould-Kolieb y Savitz, 2009).



casi el 100 %) (Caldeira y Wickett, 2003; Millius, 2011).

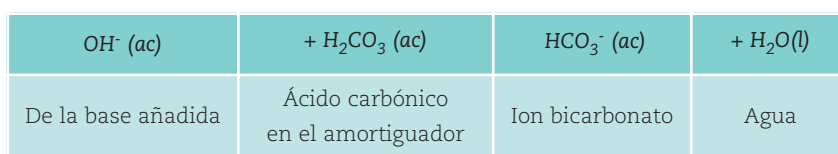
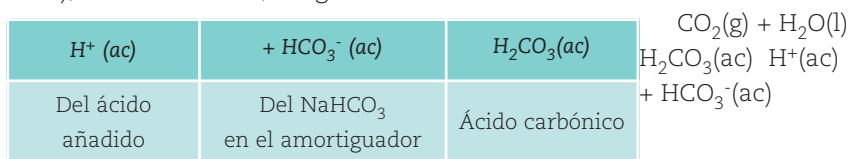
Conviene hacer notar a los alumnos que los cambios de pH deben considerarse con cuidado, ya que, al ser logarítmicos, pequeños cambios en las unidades implican cambios importantes en la acidez, o sea, en la concentración de los iones H⁺.

El CO₂ absorbido por la atmósfera reacciona con el agua del mar y forma ácido carbónico. Este ácido libera iones bicarbonato e hidrógeno. El ion hidrógeno se une, a su vez, a uno de los iones carbonato libres en el agua, formando otro ion bicarbonato. Así, el nivel de iones carbonato disminuye cuando aumenta el CO₂ disuelto. A un pH suficientemente bajo (o alta concentración de CO₂), la concentración de carbonato caerá por debajo del nivel de saturación de aragonita (CaCO₃) y, por tanto, causará la disolución de las estructuras de coral. Sin la presencia en exceso de iones hidrógeno, los iones carbonato libres estarían disponibles para que los animales marinos hicieran conchas y esqueletos de carbonato de calcio (Orr et al., 2005); de otra manera, el agua se

vuelve tan ácida que el carbonato de calcio se disuelve (fig. 2).

El tema puede relacionarse con un conocimiento extrasituacional (atributo d) ampliamente conocido por los estudiantes: la «acidez estomacal» y los antiácidos. Un antiácido es una sustancia, generalmente una base débil, que actúa contra la acidez estomacal mediante un mecanismo de neutralización, al reaccionar con el ácido clorhídrico estomacal y formar agua y una sal. Es decir, aumenta el valor de pH en el estómago (los jugos gástricos poseen un valor de pH cercano a 0,8, que, con la digestión de los alimentos, puede subir a cerca de 2). Al introducir este tema lateral, que demostró ser de gran interés para los alumnos, se puede profundizar más en los conceptos *disociación*, *bases fuertes* y *bases débiles*, *neutralización* y en la relación entre pH bajo y alta acidez.

O podemos también vincular el tema de la acidificación oceánica con otro conocimiento: el de las disoluciones amortiguadoras en el organismo. Una es la que se obtiene de la disolución del CO₂ en la sangre:



Ya que estas sustancias e iones reaccionan con la adición de ácidos (H^+) o bases (OH^-), amortiguan a unos y a otras (American Chemical Society, 1998, p. 478):

Algunos resultados

A continuación, se transcriben algunas frases textuales pronunciadas por la profesora en formación (PENF), la profesora titular (PTIT), una alumna (AA) y un alumno (Ao):



PENF: Vamos a estar hablando de ácidos y bases. Ese va a ser como nuestro contenido científico: ácidos y bases ¿Qué recuerdan de los ácidos y de las bases? ¿Qué son?

Ao: Una característica de los ácidos es que su pH es menor a 7, más alejado de 7. Se supone que el pH es equivalente entre 1 y 14. El 7 es el neutro. Entonces, los ácidos tienen un pH entre 5 o 4 y están antes de las bases.

Ao: Bueno, pero eso nos indica que los ácidos sueltan hidrógeno al medio.

AA: Que un ácido neutraliza una base es una buena característica.

PENF: Otra característica o propiedad es que son...

AA: Corrosivos.

[...]

PENF: Bueno, se les quedaría de tarea para la siguiente clase poner mucha atención a los periódicos, la televisión, lo que lean en la Internet, cuando vayan al súper... Identificar ejemplos de ácidos y de bases, ejemplos de lo que escuchen. Anoten el nombre y dónde lo escucharon, de qué estaban hablando cuando escucharon o vieron ese nombre, lo que identificaron en nuestro entorno o en los medios de comunicación.

Esta primera secuencia de intercambios entre la profesora en formación (PENF) y los alumnos (AA y Ao) revela que estos tienen antecedentes del tema desde la enseñanza secundaria. Hablan del pH, de la neutralización, de «soltar» hidrógeno, etc. La profesora titular (PTIT) comenta al respecto: «¡Los alumnos ya tienen metido en la cabeza el hecho de que un ácido es un liberador de protones! Seguramente de sus cursos anteriores...». En la tarea vuelve a solicitar aspectos macroscópicos de ácidos y bases, ejemplos y sus nombres. La maestra insiste en las bases, que generalmente son ignoradas por los estudiantes.



PENF: ¿Cuál es la extensión más grande de agua que tenemos en el planeta?

Ao: Los océanos.

PENF: Los océanos se están acidificando, ese es otro problema. Por eso les preguntaba al principio si habían escuchado de esta relación. Los ambientes marinos han evolucionado y se mantienen saludables en ciertos rangos de acidez, de pH.

AA: ¿Entonces dentro de diez años ya no va a ser tan seguro meternos al mar?

PENF: No, no. Bueno, eso no hay que tomarlo tan a la tremenda: no nos vamos a quemar si nos metemos al mar, como si fuera ácido clorhídrico o algo así.

AA: Bueno, pero hasta cierto punto sí nos va a dañar la piel...

En esta segunda secuencia, la profesora en formación (PENF) introduce el tema de la acidificación de los océanos por primera vez en el curso.



PENF: Vamos a tratar de que ustedes, en cada una de sus mesas, propongan un modelo

submicroscópico que explique a qué se deben sus propiedades. ¿Qué pasa cuando un ácido reacciona con una base?

Ao: Se neutralizan.

PENF: ¿A qué se refieren con eso?

Ao: A que su pH disminuye y se vuelve 7, neutro.

PENF: Ahora propongamos una explicación a nivel submicroscópico de lo que está ocurriendo.

¿Por qué pasa eso de que «se neutralizan»? [Silencio.]

En esta tercera secuencia, nos damos cuenta de que no todo está comprendido desde la secundaria. No les queda claro lo que significa *neutralizar* por medio de intercambios de partículas. También les cuesta trabajo la relación inversa entre el pH y la acidez.



Ao: Una pregunta: ¿en este tipo de cosas, al mezclarlas, hay una reacción química o nada más es una mezcla?

PENF: Hay una reacción química. [Aquí una pista es pensar precisamente: ¿qué es el pH?, ¿a qué se refiere? Si pensamos que el ácido tiene al principio un pH menor de 7 y la base, mayor de 7... ¿qué significa eso? Si pensamos que la sustancia, al final, tiene un pH cercano a 7... ¿qué significa eso?]

La profesora en formación (PENF) aprovecha la pregunta de un alumno (Ao) para decir que se trata de reacciones químicas, para diferenciarlas de las mezclas.



PTIT: El caso del ácido clorhídrico es una historia interesante. Cuando ustedes dicen *ácido clorhídrico*, efectivamente piensan en un líquido. ¿Qué creen?

Ao: No es un líquido.

PTT: Es un gas y, cuando es un gas, lo podríamos llamar *cloruro de hidrógeno*. ¿Y qué pasa con el ácido clorhídrico? ¿Por qué siempre me lo imagino como un líquido?

Ao: Está disuelto en agua.

PTT: Está disuelto en agua.

Para que pasen todas las cosas que hacen que lo llame *ácido*, tiene que estar disuelto en agua.

La profesora titular (PTT) recalca que, al menos en el marco del modelo de Arrhenius, la acidez no es una propiedad que la sustancia presenta de forma aislada, sino cuando se encuentra mezclada con otra u otras, frecuentemente con agua.

Conclusión

Se puede decir que las profesoras, al abordar un segmento del currículo convencional de química desde la perspectiva de la química en contexto, promovieron en general en los estudiantes:

- Un incremento de sus habilidades en la búsqueda de información pertinente y en su análisis y síntesis.

- Un aumento de su capacidad de comunicación oral y de argumentación al expresar sus opiniones, fundamentando sus observaciones y conclusiones.

- La diferenciación mediante sus propiedades a los ácidos y las bases.

- El reconocimiento del pH como medida de referencia del carácter ácido, básico o neutro de una sustancia.

- El establecimiento que la reacción de neutralización es el resultado de la combinación química de ácidos y bases.

- Una reflexión crítica acerca del vínculo entre su saber y el entorno.

Debemos estar preparados con la enseñanza en contexto para evitar la catástrofe de la

enseñanza «normal» de la química escolar, según Berkel et al.

(2000, p. 121), quienes la ven «aislada del sentido común, la vida diaria y la sociedad, la historia y la filosofía de la ciencia, la tecnología, la física escolar y la investigación química».

Y, como escribió hace cuarenta años Gallagher (1971, p. 330):

Para las generaciones de aprendices que vienen, que vivirán en un mundo profundamente afectado por la ciencia, unos conocimientos de los procesos y los conceptos de la ciencia y sus interacciones con la tecnología y la sociedad serán los requisitos previos para conocer y funcionar en la cultura que ellos vivirán.

Referencias

- AIKENHEAD, G. (2005). «Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): Una buena idea como quiera que se la llame». *Educación Química*, 16(2): 114-124.
- AMERICAN CHEMICAL SOCIETY (1998). *Chemistry in the community*. 3ª ed. Dubuque: Kendall Hunt.
- BENNETT, J.; LUBBEN, F. (2006). «Context-based chemistry: The Salters' approach». *International Journal of Science Education*, 28(9): 999-1015.
- BERKEL, B. van; VOS, W. de; VERDONK, A. H.; PILOT, A. (2000). «Normal science education and its dangers: The case of school chemistry». *Science and Education*, 9: 123-159.
- CAAMAÑO, A. (2001). «La enseñanza de la química en el inicio de un nuevo siglo: Una perspectiva desde España». *Educación Química*, 12(1): 7-17.
- CALDEIRA, K.; WICKET, M. E. (2003). «Antropogenic carbon and ocean pH». *Nature*, 425: 365.
- CAMPBELL, B.; LAZONBY, J.; MILLAR, R.; NICOLSON, P.; RAMSDEN, J.; WADINGTON, D. (1994). «Science: The Salters' approach: A case study of the processes of large scale curriculum development». *Science Education*, 78(5): 415-448.
- DEMEROUTI, M.; KOUSATHANA, M.; TSAPARLIS, G. (2004). «Acid-base equilibria, part I: Upper secondary students, misconceptions and difficulties». *The Chemical Educator*, 9: 122-131.
- DURANTI, A.; GOODWIN, C. [ed.] (1992). *Rethinking context: Language as an interactive phenomenon*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ERDURAN, S. (2007). «Bonding epistemological aspects of models with curriculum design in acid-base chemistry». En: IZQUIERDO, M.; CAAMAÑO, A.; QUINTANILLA, M. *Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar*. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona. Servei de Publicacions.
- GALLAGHER, J. J. (1971). «A broader base for science teaching». *Science Education*, 55(3): 329-338.
- GARRITZ, A. (1994). «Ciencia-Tecnología-Sociedad a diez años de iniciada la corriente». *Educación Química*, 5(4): 217-223. Versión electrónica en <<http://www.oei.es/salactsi/quimica.htm>>; también disponible en <<http://depa.pquim.unam.mx/sie/Documentos/054-bach.pdf>> [Consulta: 11 junio 2010]
- GILBERT, J. K. (2006). «On the nature of context in chemical education». *International Journal of Science Education*, 28(9): 957-976.
- GILBERT, J. K.; BULTE, A. M. W.; PILOT, A. (2011). «Concept development and transfer in context-based science education». *International Journal of Science Education*, 33(6): 817-837.
- GRUPO SALTERS (1997). «El proyecto Química Salters para el nuevo bachillerato». En: *Actas del V Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias*. Murcia: Editorial.

- GUERRA-SANTOS, G.; ALVARADO-ZAMORANO, C.; ZENTENO-MENDOZA, B. E.; GARRITZ, A. (2008). «La dimensión ciencia-tecnología-sociedad del tema de ácidos y bases en un aula del bachillerato». *Educación Química*, 19(4): 277-287.
- HARROULD-KOLIEB, E.; SAVITZ, J. (2009). «Acidificación: ¿Cómo afecta el CO₂ a los océanos?». En: *Informe de Oceana: Protegiendo a los océanos del mundo*. 2ª ed. Ciudad: Editorial.
- HILL, J. W. (1992). *Chemistry for changing times*. Nueva York: Mcmillan.
- HILL, G.; HOLMAN, J.; LAZONBY, J.; RAF-FAN, J.; WADDINGTON, D. (1989). *Chemistry: The Salters' approach*. Oxford: University of York Science Education Group; Heinemann Educational Books.
- LOUGHRAN, J.; MULHALL, P.; BERRY, A. (2004). «In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice». *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4): 370-391.
- MILIUS, S. (2011). «Be more afraid, young clownfish: In acidifying oceans, fish are oblivious to alarming sounds». *Science News*, 180(1): 12.
- ORR, J. C. [et al.] (2005). «Antropogenic ocean acidification over the twenty first century and its impact on calcifying organisms». *Nature*, 437: 681-686.
- PARCHMANN, I. (2011). «La enseñanza de la química y el Año Internacional de la Química: Oportunidades para mejorar la comprensión y el interés de los estudiantes». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 17(69): 8-20.
- PARCHMANN, I.; GRÄSEL, C.; BAER, A.; NENTWIG, P.; DEMUTH, R.; RALLE, B.; THE CHIK PROJECT GROUP (2006). «Chemie im Kontext: A symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach». *International Journal of Science Education*, 28(9): 1041-1062.
- PEDRETTI, E.; NAZIR, J. (2011). «Currents in STSE education: Mapping a complex field, 40 years on». *Science Education*, 95(4): 601-626.
- PILOT, A.; BULTE, A. M. W. (2006). «The use of "contexts" as a challenge for the chemistry curriculum: Its successes and the need for further development and understanding». *International Journal of Science Education*, 28(9): 1087-1112.
- PRYDE-EUBANKS, L.; MIDDLECAMP, C. H.; PIENTA, N. J.; HELTZEL, C. E.; WEARER, G. C. (2006). *Chemistry in context: Applying chemistry to society*. 5ª ed. Dubuque: McGraw-Hill.
- SCHWARTZ, A. T. (2006). «Contextualized chemistry education: The American experience». *International Journal of Science Education*, 28(9): 977-998.
- SCHWARTZ, A. T.; BUNCE, D. M.; SILBERMAN, R. G.; STANITSKI, C. L.; STRATTON, W. J.; ZIPP, A. P. (1994). *Chemistry in context: Applying chemistry to society. A project of ACS*. Dubuque: American Chemical Society; Wm. C. Brown.
- SELINGER, B. (1989). *Chemistry in the marketplace: A consumer guide*. Sydney: Harcourt Brace.
- SHULMAN, L. (1987). «Knowledge and teaching: Foundations of the new reform». *Harvard Educational Review*, 57(1): 1-22.
- SNYDER, C. H. (1992). *The extraordinary chemistry of ordinary things*. Nueva York: John Wiley.
- STANITSKI, C. L.; PRYDE-EUBANKS, L.; MIDDLECAMP, C. H.; PIENTA, N. J. (2000). *Chemistry in context: Applying chemistry to society*. 3ª ed. Boston: McGraw-Hill.
- STOLK, M. J.; JONG, O. de; BULTE, A. M. W.; PILOT, A. (2011). «Exploring a framework for professional development in curriculum innovation: Empowering teachers for designing context-based chemistry education». *Research in Science Education*, 41: 369-388.
- TALANQUER, V. (2011). «El papel de las ideas previas en el aprendizaje de la química». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 17(69): 35-41.
- WALDRON, K. (2007). *The chemistry of everything*. Upper Saddle River: Prentice Hall-Pearson.



Clara Alvarado-Zamorano

Es bioquímica por la Universidad Nacional Autónoma de México y doctoranda por la Universidad de Extremadura. Sus áreas de especialidad son la investigación en didáctica de las ciencias experimentales (especialmente la química) y la formación de profesorado de ciencias. Es coautora de siete libros y autora y coautora de cuatro artículos sobre la enseñanza de las ciencias. Ha realizado ponencias y talleres en veintisiete eventos nacionales e internacionales. C. e.: clara.alvaradoz@gmail.com



Andoni Garritz

Es profesor desde 1971 en la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México. Realizó estudios de Ingeniería Química y la maestría y el doctorado en Físicoquímica. Ha participado en trescientas cincuenta ponencias y ha publicado ciento cincuenta artículos y capítulos, seis manuales, tres libros de divulgación y cinco libros de texto. Su área de trabajo es la didáctica de la química: conocimiento pedagógico químico;

química, tecnología y sociedad, y filosofía e historia de la química.

C. e.: andonig@prodigy.net.mx,
andoni@unam.mx



Guianeya Valentina Guerra-Santos

Es profesora en formación y alumna de la maestría en Docencia para la Educación Media Superior. Actualmente elabora su tesis precisamente sobre el tema de este artículo. Ha dado clases de bachillerato en la Escuela Aviación México.

C. e.: guianeyav@gmail.com



Ana María Sosa

Es profesora de química de bachillerato en el Colegio de Ciencias y Humanidades de la Universidad Nacional Autónoma de México, donde cursó la licenciatura, la maestría y el doctorado en Química. Ha colaborado en proyectos de investigación en las áreas de la química inorgánica y la electroquímica. Ha impartido numerosos cursos para profesores de ciencias de bachillerato y secundaria. Es autora de libros de texto para bachillerato y secundaria y ha escrito varios artículos de divulgación de la ciencia.

C. e.: sabanam@hotmail.com



Carmen de Teresa

Es química y maestra en Físicoquímica. Ejerce en la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México desde 1976. Ha impartido cursos de física, química cuántica y estructura de la materia, y también de actualización y superación para profesores. Ha desarrollado una investigación en estructura y propiedades electrónicas de sólidos y moléculas. Sus áreas de interés son la educación química y la situación de la educación superior en México y su prospectiva.

C. e.: cardete@gmail.com