

M.^a Rut Jiménez-Liso
Rafael López-Gay
Universidad de Almería

M.^a Macarena
Márquez
CEIP Juan XXIII.
Alhabia (Almería)

La utilización de la cocina como laboratorio doméstico es uno de los recursos más utilizados en las aulas cuando se pretende conectar la química con la vida cotidiana y se realizan actividades como la elaboración de recetas, el uso de alimentos o productos de limpieza como reactivos, etc. En el presente artículo se reflexiona sobre la conveniencia de utilizar los fenómenos químicos de la cocina para ir más allá del aumento del campo observacional del alumnado, proporcionando oportunidades para usar modelos que les permitan explicar los fenómenos observados y realizar predicciones. En este sentido se describe una propuesta para 1.º de ESO en la que los alumnos además de observar aumentan su capacidad para explicar lo que ocurre utilizando un modelo ácido-base histórico.

Palabras clave: *química y cocina, modelos científicos, ácido-base.*

Chemistry and cooking: from context to building models

Using kitchens as household laboratories is one of the most widely used resources in class in order to connect chemistry with everyday life, by carrying out activities such as preparing recipes, using food or cleaning products as reagents, etc. This article looks at the advantages of using chemical phenomena in cooking to go beyond increasing students' observational field and offering opportunities to use models to help explain the phenomena observed and make predictions. We also describe a proposal for first-year secondary students in which students not only observe, but also increase their ability to explain what happened using an historical acid-base model.

Keywords: *chemistry and cooking, scientific models, acid-base.*

Los modelos como «agente limitante» del difícil equilibrio entre contexto y contenido

Uno de los primeros esfuerzos que solemos hacer los docentes para hacer comprensibles las ciencias es tratar de aproximarlas lo más posible al contexto cotidiano del alumnado (contextualizar), bien sea por ejemplificación en momentos puntuales bien porque utilizamos escenarios, materiales o fenómenos cotidianos (Jiménez-Liso y De Manuel, 2009), como, por ejemplo, la química en la cocina.

Sin embargo, es necesario tener en cuenta que muchos fenómenos cotidianos llevan implícitos contenidos científicos muy complejos, de forma que ese contexto cotidiano no constituye un recurso adecuado para iniciar el aprendizaje. Tal es el caso, por ejemplo, del gran número de reacciones químicas orgánicas complejas que tienen lugar durante la elaboración de una paella (Sánchez-Guadix, 2008). En este sentido, a la hora de diseñar propuestas contextualizadas debemos tener en cuenta que un problema químico contextualizado puede conllevar muchos y complejos contenidos científicos necesarios para su resolución y compren-

sión, lo que obliga a enfrentarse con la siguiente cuestión: ¿qué debe determinar la selección del contenido de enseñanza: el contexto o el contenido científico? En definitiva, se hace necesaria la búsqueda de un equilibrio entre contexto y contenido (Kortland, 2007).

Desde nuestro punto de vista, lo que genera conocimiento no es el contexto en sí mismo, sino la problematización o la modelización que integra la observación en su argumentación (Martínez-Chico y López-Gay, 2010). Es decir, si centramos la selección de contenidos exclusivamente en el contexto y en los fenómenos cotidianos sólo estaremos aumentando el campo experiencial del alumnado, no su capacidad para explicar los fenómenos que observan o para predecir qué va a pasar en nuevas situaciones.

De esta forma, para dar sentido a la selección de contenidos y hechos (o contextos) resulta imprescindible la utilización de modelos científicos o su construcción (modelización) con el alumnado. Entendemos por modelos científicos-escolares el conjunto de representaciones o ideas-clave (Acher, Arcá y Sanmartí, 2007) con gran poder explicativo de los fenómenos cotidianos (que no tienen por qué ser directamente observables) y que permiten al alumnado predecir qué puede ocurrir en situaciones nuevas (aplicabilidad). Si el *agente limitante* de la selección de contenidos pasa a ser el aprendizaje de modelos científicos (a través de contextos cotidianos), la dificultad estriba en la selección adecuada de los «hechos ejemplares» que den luz al modelo (Merino, 2009) o en la secuencia de la manipulación de lo observable, que «continuamente contextualiza el proceso de modelización y lo anima y constriñe al mismo tiempo» (Acher, Arcá y Sanmartí, 2007).

Por tanto, la contextualización por sí misma no solucionaría los problemas de abstracción y de incomprensión o las dificultades que manifiestan los alumnos de todos los niveles educativos en relación con las ciencias y que les resultan ampliamente desmotivadoras. La comprensión del mundo que nos rodea requiere de la construcción social de modelos que sirvan para explicar los fenómenos observables (el poder explicativo de los modelos en términos de Schwarz y otros, 2009) y para predecir el comportamiento de otros fenómenos, por ejemplo, aplicando dichos modelos a situaciones nuevas (López-Gay y otros, 2009).

En el presente artículo queremos mostrar que estas posiciones no tienen por qué ser dicotómicas aunque el criterio que marcaría la selección de contenidos y de fenómenos/problemas serían los modelos científicos que sirvan para explicarlos y que permitan su transferencia a nuevas situaciones.

La selección de fenómenos culinarios desde la utilidad de los modelos

La cocina, y los fenómenos que suceden en ella, suele ser uno de los escenarios preferidos para contextualizar, como así lo pone de manifiesto que, de una muestra de 146 actividades químicas cotidianas analizadas, extraídas de congresos de didáctica de las ciencias experimentales y ferias de ciencia, las utilizadas con mayor frecuencia (25%) sean actividades que se pueden desarrollar en la cocina o con alimentos o productos de cocina (cuadro 1).

La preferencia por este escenario o por los alimentos como materiales tiene que ver con la proximidad, proximidad que permite identificar la cocina con un laboratorio cotidiano (Solsona, 2001; Del Cid y Criado, 2001). Sin embargo, es necesario matizar esta identificación porque lo doméstico no siempre coincide con lo cercano, como señala Solsona (2001) al destacar la diferente aproximación a los fenómenos domésticos de chicos o chicas, o porque lo que es cotidiano para el profesorado no tiene por qué serlo para su alumnado, pues lo cotidiano no está exento de las coordenadas espacio-tiempo.

Cualquier cambio químico culinario puede tener una complejidad, sólo al nivel químico-descriptivo, que escaparía al objeto de estudio de los niveles obligatorios o del bachillerato. Por ejemplo, la oxidación enzimática de polifenoles en el oscurecimiento de la patata cruda, manzana, etc. (Del Cid y Criado, 2001), las reacciones complejas de Maillard¹ presentes en el *marcado* de las carnes (Sánchez-Guadix, 2008).

La contextualización, la proximidad del alumnado a cambios químicos no puede ser la «excusa» para introducir reacciones químicas enzimáticas o complejas que requerirían de modelos químicos complejos. Con ello, sólo podríamos lograr lo contrario de lo que perseguimos: podríamos paralizar el aprendizaje del alumnado, en vez de motivarlo porque está aprendiendo lo que sucede y lo puede extrapolar a otras situaciones. Por esto es necesaria la selección de «hechos ejemplares» (Merino, 2010) para introducir un modelo químico adecuado que lo explique.

No debe ser casualidad que las reacciones ácido-base en presencia de un indicador casero sean los ejemplos-estrella de las actividades cotidianas analizadas (cuadro 1). Además de la espectacularidad del cambio de color, éste permite identificar algunos cambios químicos, se puede «jugar» con la reversibilidad de los cambios químicos (y de color) y, por tanto, introducir la idea de equilibrio frente a la concepción alternativa habitual de identificar cambio químico con fenómenos irreversibles.² También la diversidad de modelos históricos ácido-base (Boyle, Lemery, Arrhenius, Brønsted-Lowry, Lewis) ofrece una versatilidad a la hora de buscar el modelo más adecuado para el alumnado con el que desarrollemos la secuencia de actividades, como veremos en el próximo apartado.

Cuadro 1. Frecuencia y ejemplos de actividades de «química cotidiana» propuestas en ferias y congresos (muestra extraída de Jiménez-Liso y De Manuel, 2009)

MUESTRA	FRECUENCIA (%)	EJEMPLOS (REPETICIONES)
Congresos (N=70)	18 (25,74%)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fabricar requesón. ▪ Galletas, huevos, pan de molde, embutido, bolas de plastilina para cantidades, moles, proporciones químicas. ▪ Química en la vitamina C: cantidad de vitamina C en las marcas de zumos y el envejecimiento de la madera con sulfúrico-sosa y fuego. ▪ Jarabe de violetas, extracto de col para procesos ácido-base con limón, vinagre, etc. ▪ Determinación de densidades de bicarbonato, sal, azúcar. ▪ Velocidad de hidratación de garbanzos sumergidos en agua a diferentes temperaturas. ▪ Aguas envasadas para indagar sobre tipos, mineralización, cationes y aniones. ▪ Separación de los componentes de la leche para diferenciar las sustancias mezcladas. ▪ Preparación de una ración de gambas para la redacción de un proceso químico, el control de sus variables. ▪ ¿Cómo se enfría más rápido el café servido en una taza? ¿Qué tipo de papel conserva el pan fresco más tiempo?
Ferias (N=76)	19 (25%)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comportamiento de un huevo frente al peso, el ácido, el calor y el agua, en el interior de una disolución salina, su capacidad para emulsionarse, etc. ▪ Preparación de granizado, sorbetes y helados sin usar frigoríficos ni congeladores corrientes. ▪ Fabricación de un indicador casero con col lombarda y determinación del pH del limón, vinagre, agua destilada, bicarbonato, leche, etc. ▪ ADN a partir de hígado de pollo. ▪ Cálculo del contenido de agua en una patata. ▪ Extracción del gluten del pan. ▪ Detección de nitritos en alimentos. ▪ Cálculo de la cantidad de almidón en alimentos (jamón, mortadela, salchichas, etc.). ▪ Efectos de la lipasa en diferentes leches en presencia/ausencia de sales biliares. ▪ Cálculo del porcentaje de zumo en refrescos y zumos comerciales. ▪ Separación de los componentes de la leche. ▪ Presencia de vitamina C en zumos. ▪ Cocinado de carne para ver el efecto de las reacciones de Maillard en el aspecto y el sabor. ▪ Fabricación de crepes para el análisis de las proporciones en una reacción química. ▪ Preparación de un refresco utilizando los elementos fundamentales que contienen la mayoría de ellos: agua carbonatada, azúcar, ácido cítrico y sirope de caramelo.

Secuencia de actividades para el primer ciclo de la ESO

Ahora bien, una vez que elegimos que los alumnos van a aprender los cambios químicos a través de los procesos ácido-base, ¿qué fenómenos observables se pueden convertir en esos «hechos relevantes» con los que poder construir un modelo?

- Como planteamiento inicial del problema proponemos explorar si los alumnos tienen dificultades para dar explicaciones (verbales y mediante dibujos) de un fenómeno químico concreto: una botella con un poco de vinagre se tapa con un globo que contiene bicarbonato y se pide a los alumnos que dibujen qué sucede antes y después de añadir el bicarbonato al vinagre y que expliquen, una vez realizada la experiencia, por qué se infla el globo. Tras realizar los dibujos, la profesora les pregunta si creen que sus dibujos explican por qué se infla el globo y si en sus dibujos se observa una variación entre lo que había antes y después en la botella y en el globo.
- Tras la experiencia del bicarbonato-vinagre, en la que se usa la efervescencia como ejemplo de fenómeno observable para identificar una reacción química, usamos el caldo de col lombarda como indicador para identificar el carácter ácido-neutro-base de algunos alimentos y productos de limpieza. Una vez hechos los dibujos, deben contestar a la pregunta de si sus dibujos explican si cambian o no las sustancias que había antes y después del «experimento». Una vez reconocido el carácter ácido-básico de alimentos y productos de limpieza de acuerdo con el cambio de color del indicador casero, planteamos la adición de agua destilada a uno de los tubos que contenía indicador y vinagre (color rosa). Este «hecho ejemplar» planteado por Erduran (2007) permite distinguir entre los cambios de color (reacción) y la disminución de intensidad (dilución): en una botella se coloca un poco de caldo de lombarda y se añade vinagre (el líquido se torna rosa); se solicita a los alumnos que indiquen qué creen que va a pasar si añadimos agua destilada y, tras ver lo que sucede, que dibujen el sistema antes y después de la adición para explicar lo que ha ocurrido.
- Se introduce el modelo explicativo (se expone en el siguiente apartado) y se repite la secuencia en orden casi inverso: dilución, identificación ácido-neutro-base y reacciones. El último «hecho relevante» que utilizamos guarda relación con la reversibilidad: les pedimos a los alumnos que vuelvan a dibujar qué creen que pasará si a un tubo con vinagre y el indicador casero se le añade poco a poco amoníaco así como la representación (dibujo) del proceso: cuando está rosa (antes), cuando se torna púrpura y cuando se colorea verde.

Introducción de un modelo ácido-base para explicar y predecir los fenómenos

Cuando utilizamos la col lombarda como indicador ácido-base, generalmente emulamos el pre-modelo³ descriptivo de Boyle para el reconocimiento del carácter ácido o básico de algunos productos cotidianos, y a partir de él establecemos (al igual que Boyle) una clasificación de sustancias ácidas, neutras o básicas.

Sin embargo, esta clasificación de sustancias (que generalmente se realiza en la educación secundaria obligatoria) no suele ir acompañada de una interpretación de esta clasificación. Por tanto, se produce la paradoja que venimos destacando en párrafos anteriores: en los niveles obligatorios se pretende «motivar» al alumnado con actividades más lúdicas (sin un modelo que ayude a explicar estos fenómenos) y se reserva a los niveles superiores (bachillerato) la posible explicación (sin volver a realizar los fenómenos observables).

La primera introducción de un modelo explicativo se reserva al bachillerato y, generalmente, se recurre al modelo de Arrhenius o al de Brønsted-Lowry para los procesos ácido-base desconectados de la actividad realizada (o no) en cursos anteriores.

Ahora bien, ¿qué modelo puede ser explicativo-predictivo para el alumnado de la educación secundaria obligatoria? Evidentemente, no proponemos la introducción del modelo de Arrhenius o de Brønsted-Lowry en primero de ESO, pero ¿acaso no se podría utilizar la primera interpretación histórica sobre las reacciones entre un ácido y una base? Nicolás Lémery (siglo XVII) se avanzó al explicar las propiedades físicas y químicas de los ácidos y las bases a partir de la forma de los átomos: los átomos de los ácidos tenían púas agudas y eso explicaba la sensación picante que ejercen sobre la piel; los álcalis eran cuerpos sumamente porosos, en cuyos poros penetraban las púas de los ácidos rompiéndose o embotándose, lo que daba origen a las sales neutras (Taton, 1988).

Por tanto, un modelo similar formado por ácidos con forma triangular y bases con forma de «comecocos» permitirá explicar por qué una disolución es ácida, básica o neutra y por qué al añadir una en otra el carácter ácido-base cambia o permanece, por ejemplo, al diluir.

De esta forma, tras la observación de la efervescencia entre el vinagre y bicarbonato, la identificación del carácter ácido-base utilizando el caldo de lombarda como indicador o la dilución del vinagre en presencia del indicador lombarda con agua destilada, presentamos a los alumnos el modelo y discutimos qué explica y si sirve para explicar las preguntas planteadas.

Resultados tras la aplicación de la secuencia

La secuencia de actividades expuesta ha sido desarrollada con alumnos de 1.º de la ESO⁴ mientras trabajaban los contenidos relacionados con «la composición de la materia» con el objetivo de presentar diferentes fenómenos observables que ayuden a reconocer los cambios químicos.

En las siguientes imágenes (1, 2, 3 y 4) podemos observar que los dibujos para explicar qué sucede en los fenómenos planteados muestran las dificultades de los alumnos así como la falta de concordancia entre los dibujos y las explicaciones escritas.

Imagen 1. Dibujo de Sara⁵ «explicando» qué sucede antes y después de añadir bicarbonato (globo) al vinagre (botella)

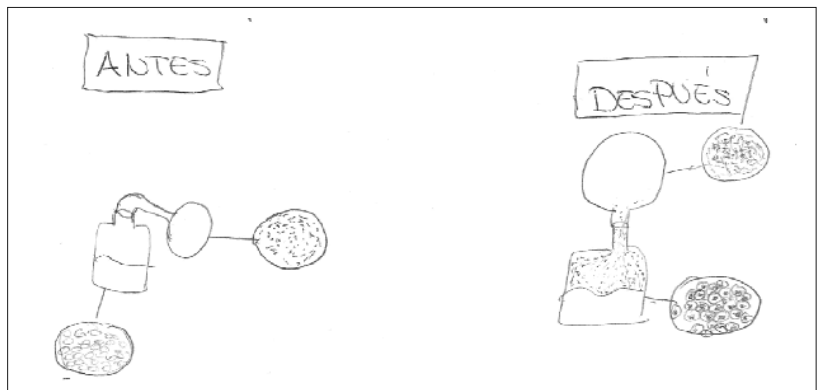
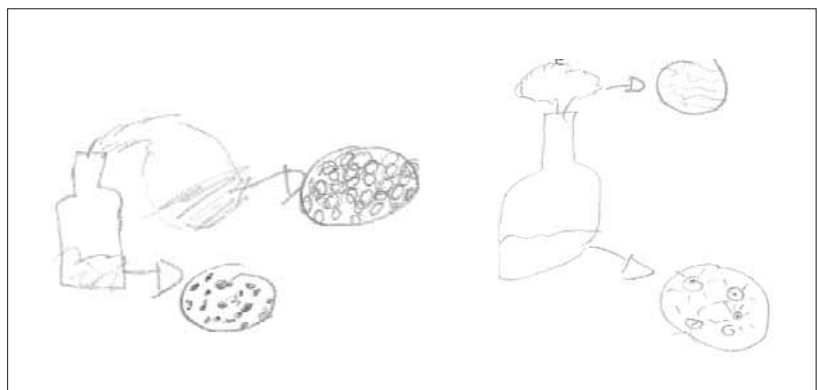


Imagen 2. Dibujo de Javier «explicando» qué sucede antes y después de añadir bicarbonato (globo) al vinagre (botella)



Hemos seleccionado estos dos dibujos (imágenes 1 y 2), en los que se aprecia una variación en las representaciones del antes-después. Además muestran coherencia con las respuestas escritas a la pregunta: «¿Explica tu dibujo por qué se infla el globo?».

- Sí, porque choca el bicarbonato y el vinagre y el aire sale para arriba (imagen 1)
- Sí, porque se ven los gases que sueltan y la mezcla de vinagre y bicarbonato inflando el globo (además este alumno argumenta verbalmente que se muestra cómo su dibujo es una explosión) (imagen 2).
- Sí, porque el humo se va calentando y por eso se hincha.

Sin embargo, también son numerosos los alumnos que responden por escrito que sí lo explica pero no se observa cambio alguno en el dibujo (imagen 3).

- Sí, porque cuando las sustancias del vinagre y el bicarbonato se han unió y el aire que hay en la botella sube y se hincha el globo (imagen 3).

Ahora bien, en casos como éste, cuando se le pregunta: «¿Explica tu dibujo si cambian las sustancias que había antes?», las respuestas que aportan suelen ser: «según mi dibujo no cambian las sustancias pero yo sé que sí cambian» (alumno de la imagen 3) o como la del: «no, porque no se cambian, sólo se juntan las dos sustancias».

Cuando el fenómeno que se debe explicar es la dilución con agua destilada de una muestra de vinagre con indicador, casi la totalidad de las respuestas muestran la creencia de que se produciría un cambio químico:

- Que cambiará de color porque añadimos agua pura.
- Que cambiará de color porque le añades otra cosa.
- Que cambiará de color porque le echo otra cosa. El color es púrpura.

Imagen 3. Dibujo de Jorge «explicando» qué sucede antes y después de añadir bicarbonato (globo) al vinagre (botella)

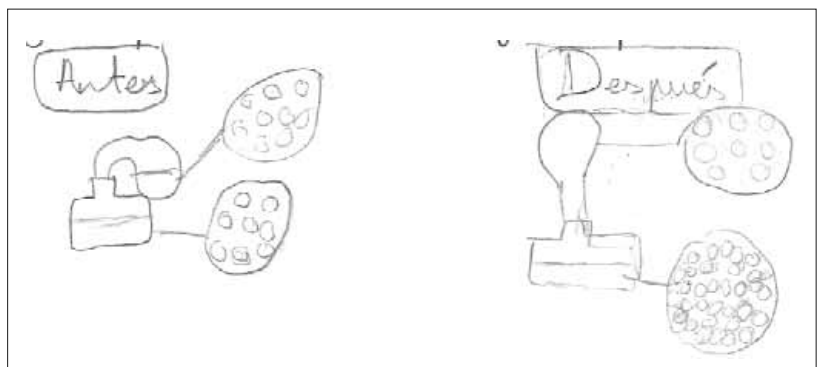


Imagen 4. Dibujo de David «explicando» qué sucede cuando se añade agua al vinagre con lombarda

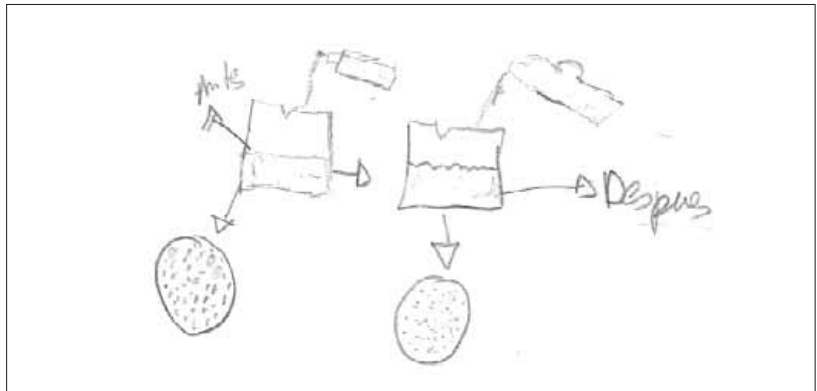
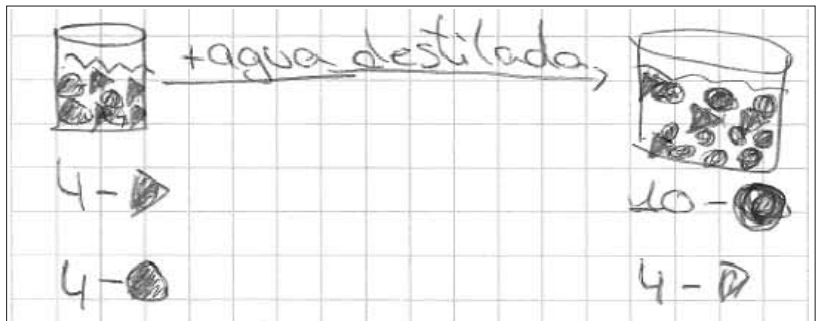


Imagen 5. Nuevo dibujo de Sara utilizando el modelo «Lemery» para explicar la dilución



Y los dibujos vuelven a señalar sus dificultades para explicar tanto su creencia de que se producía un cambio químico o, en este caso, la dilución (imagen 4).

Estas dificultades explicativas que manifiestan los estudiantes, y que han sido puestas de manifiesto en numerosas investigaciones, confirman la necesidad de introducir un modelo explicativo (y predictivo) que les ayude a interpretar lo que sucede y las diferencias entre la dilución y el cambio químico. Como hemos señalado en el apartado anterior, sería un modelo similar al propuesto por Lemery, donde los ácidos vendrían representados por triangulitos y las bases por «comecocos». Para analizar el poder explicativo de este modelo, repetiríamos la secuencia en orden casi inverso: dilución, identificación ácido-neutro-base y reacciones.

En la imagen 5 mostramos el nuevo dibujo de Sara, donde especificaba por qué no cambiaba el color en la dilución y sí se hacía más «clarito».

En la imagen 6 Sara explica por qué un vaso con vinagre y un poco de amoníaco sigue siendo de color rosa (ácido) pero cuando se logra que tenga la misma cantidad de ácido y de base (especificado debajo con números) se vuelve púrpura (neutro) y al «pasarte» se vuelve verde (básico).

Imagen 6. Dibujo de Sara utilizando el modelo «Lemery» para explicar el carácter ácido, neutro o básico cuando añadimos amoníaco poco a poco al vinagre en presencia de lombarda

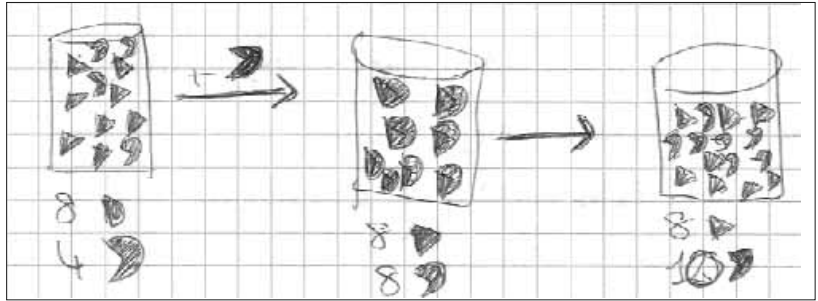
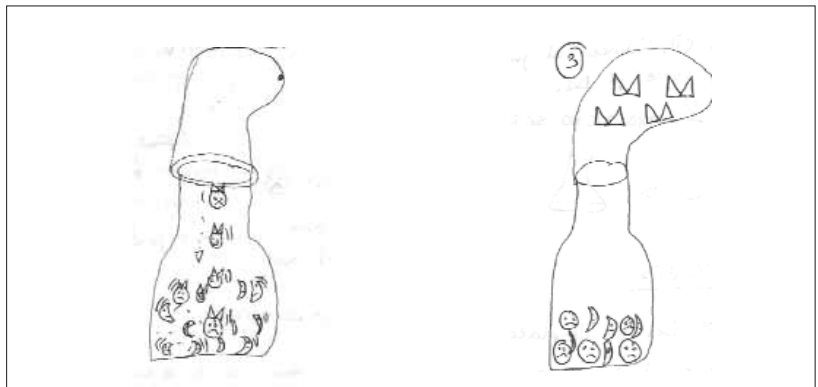


Imagen 7. Dibujo de Carmen para explicar la reacción del bicarbonato y el vinagre (antes y después)



Por último, la explicación de la efervescencia que se produce tras el cambio químico producido entre el vinagre y bicarbonato surge de la explicación dada por un grupo de alumnos de años anteriores.

En la imagen 7 se utilizan las «pajaritas» como símbolo de los gases que desprenden al reaccionar el bicarbonato y el vinagre. Sin embargo, en el dibujo de Carmen no se «controla» el exceso de algunos de los reactivos.

El análisis de este dibujo (imagen 7) con los alumnos de 1.º de ESO permite predecir, de acuerdo con el dibujo, el carácter ácido-base de lo que quedaba en el fondo de la botella (aplicabilidad del modelo), así como plantearles si responde o no a las preguntas que le formulábamos al principio: si explica por qué se infla el globo, si lo que había antes de que «caiga» el bicarbonato es igual que lo que había después, etc.

A modo de conclusión

Conjugar lo observable (y más o menos cotidiano) con un modelo explicativo y predictivo se hace imprescindible para ajustar los hechos ejemplares a lo que queramos que el alumnado explique. En este estudio de caso, un

modelo histórico, como es el modelo de Lemery, es introducido en 1.º de ESO para «dar sentido» a una experiencia que una maestra utilizaba en sus clases: la identificación de alimentos y productos de limpieza entre ácidos y bases. La capacidad explicativa de este modelo se pone de manifiesto en el cambio de representaciones gráficas de los alumnos antes y después de aplicar el modelo con los mismos fenómenos o diferentes.

Notas

1. Las reacciones de Maillard son un conjunto de reacciones químicas que se dan en los alimentos al calentar las proteínas en presencia de azúcares (glucosilación no enzimática de proteínas).
2. Al introducir los cambios químicos se suele poner como ejemplo más frecuente la combustión de una vela, que suele reforzar la concepción alternativa de que los cambios físicos son los reversibles y los químicos los irreversibles.
3. Utilizamos el término *pre-modelo* para indicar que una clasificación no tiene por qué ser un modelo explicativo. Sin embargo, Boyle, con la efervescencia que producen algunos ácidos y bases al reaccionar, sostuvo que los ácidos no podían ser el agente universal porque podían descomponerse y porque muchos cuerpos no contenían ningún ácido.
4. En el CEIP Juan XXIII de Alhabia (Almería) en los cursos 2007-2008 y 2008-2009; expresamos nuestro agradecimiento a los alumnos y alumnas que participaron en este proyecto.
5. Los nombres de los alumnos han sido modificados para salvaguardar el anonimato.

Referencias bibliográficas

- ACHER, A.; ARCÁ, M.; SANMARTI, N. (2007): «Modeling as a teaching learning process for understanding materials: a case study in Primary Education». *Science Education*, vol. 91(3), pp. 398-418.
- DEL CID, R.M.; CRIADO, A.M. (2001): «Química de la cocina. Un enfoque para maestros y maestras». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 28, pp. 77-83.
- ERDURAN, S. (2007): «Bonding epistemological aspects of models with curriculum design in acid/base chemistry», en Izquierdo, M. (ed.): *Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar*. Barcelona. UAB, pp. 41-72. También disponible en: edumat.uab.cat/didactica/files/compartits/28.pdf.
- JIMÉNEZ-LISO, M.R.; DE MANUEL, E. (2009): «El regreso de la química cotidiana: ¿regresión o innovación?». *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 27(2), pp. 257-272.
- KORTLAND, J. (2007): *Context-based science curricula: Exploring the didactical frictions between context and science content* [en línea]. <195.178.227.107/ese-er/Files/262.doc>.
- LÓPEZ-GAY, R. y otros (2009): «El aprendizaje del modelo Sol-Tierra. Una oportunidad para la formación de maestros». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 61, pp. 27-37.
- MARTÍNEZ-CHICO, M.; LÓPEZ-GAY, R. (2010): «La flotación de los objetos. Una oportunidad para promover el cambio didáctico en futuros docentes». *XXIV Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Baeza.

MERINO, C. (2010): *Aportes a la caracterización del «Modelo Cambio Químico Escolar»*. Tesis doctoral inédita. UAB.

SÁNCHEZ-GUADIX, M.A. (2008): «Cómo aprender ciencia cocinando». *Química Viva*, vol. 7(1), pp. 58-76. También disponible en: <redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/863/86370105.pdf>.

SCHWARZ, C.V. y otros (2009): «Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners». *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 46(6), pp. 632-654.

SOLSONA, N. (2001): «Química culinaria y saberes femeninos». *Aula de Innovación Educativa*, núm. 105, pp. 41-44.

SOLSONA, N. (2003): *El saber científico de las mujeres*. Talasa. Madrid.

TATON, R. (1988): *Historia general de las ciencias*. Orbis. Barcelona, vol. 5, p. 390.

Dirección
de contacto

M.^ª Rut Jiménez-Liso
Universidad de Almería
mrjimene@ual.es

Este artículo fue solicitado por ALAMBIQUE. DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES en diciembre de 2009 y aceptado en abril de 2010 para su publicación.