

Una actividad de indagación en un aula de diversificación: «¿Es beneficioso masticar bien para realizar una buena digestión?»

Una activitat d'indagació en una aula de diversificació: «És beneficiós mastegar bé per fer una bona digestió?»

An inquiry activity in a diversification classroom: «Is it beneficial for good digestion to chew intensively?»

M.^a Mercedes Martínez Aznar / Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Educación-Centro de Formación del Profesorado

Ana Isabel Bárcena Martín / IES Isaac Peral de Torrejón de Ardoz (Madrid)



resumen

En este trabajo se ejemplifica el desarrollo e implementación de una actividad de indagación, concretamente, la resolución de la situación problemática abierta «¿Es beneficioso masticar bien para realizar una buena digestión?», realizada con escolares de 3.º de ESO del programa de diversificación. La resolución del problema se llevó a cabo en grupo cooperativo utilizando la metodología de resolución de problemas como investigación (MRPI). A partir de las producciones escritas realizadas por los escolares, se analizan los aprendizajes construidos en términos de dimensiones de la competencia científica.

palabras clave

Indagación, química en contexto, aprendizaje basado en problemas, aulas de diversificación, química de la digestión.

resum

En aquest treball s'exemplifica el desenvolupament i implementació d'una activitat d'indagació, concretament, la resolució de la situació problemàtica oberta «És beneficiós mastegar bé per fer una bona digestió?», realitzada amb escolars de 3r d'ESO del programa de diversificació. La resolució del problema es va dur a terme en grup cooperatiu utilitzant la metodologia de resolució de problemes com a investigació (MRPI). A partir de les produccions escrites realitzades pels escolars, s'analitzen els aprenentatges construïts en termes de dimensions de la competència científica.

paraules clau

Indagació, química en context, aprenentatge basat en problemes, aules de diversificació, química de la digestió.

abstract

We present an example of how an activity of inquiry is developed, namely the resolution of the open problem situation «Is it beneficial for good digestion to chew intensively?», which was realized by students of 3rd ESO diversification program. The development of problem solving was conducted in a cooperative group. The learning process is analyzed in terms of dimensions of scientific competence with the productions made by students.

keywords

Inquiry, chemistry in context, PBL (problem-based learning), diversification classroom, chemistry of the digestion process.

Objetivos

En este trabajo se pretende:

1. Presentar la metodología de resolución de problemas como investigación (MRPI) como ejemplo de metodología de tipo IBSE (*inquiry-based science education*) y proponer su adaptación para un programa de diversificación curricular.

2. Describir los resultados de la resolución del problema «¿Es beneficioso masticar bien para realizar una buena digestión?» por parte de un grupo de 3.º de ESO del programa de diversificación.

La indagación, el currículo y la metodología de resolución de problemas como investigación

Desde hace años, se viene produciendo un descenso alarmante del interés de los jóvenes por los estudios científicos (OCDE, 2006). En Europa, en la última década, se ha reducido el número de graduados en Matemáticas, Ciencias y Tecnología del 24,4 % de 2001 al 21,4 % de 2010 (Eurydice, 2012), como posible efecto de las metodologías de tipo deductivo utilizadas habitualmente en las aulas de secundaria para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Estas, de forma genérica, se basan en la exposición por parte del profesorado de las leyes y teorías científicas y en la realización de ejercicios de aplicación de esos contenidos por parte del alumnado.

Por otro lado, las investigaciones neurológicas y psicológicas apoyan y recomiendan otro tipo de métodos, alternativos a los anteriores y denominados *inductivos*, que producen aprendizajes más en profundidad, conllevan un desarrollo intelectual (Bransford *et al.*, 2000) y, además, fomentan el interés hacia las ciencias por parte de los estudiantes (Informe Rocard, 2007).

En general, las metodologías inductivas comparten el hecho de estar centradas en el alumno y la idea que aprender es construir conocimiento. En todas ellas, los estudiantes se enfrentan a un desafío y tienen que aprender lo que necesitan para resolver ese reto, que, por otra parte, no se aborda de forma explícita por medio de explicaciones, lecturas, etc., y se diferencian en la naturaleza y alcance (ámbito, campo) del desafío y en el grado de apoyo o guía que reciben del profesor para resolverlo.

En la indagación, los escolares se enfrentan a un desafío y tienen que construir el conocimiento requerido para resolverlo

De acuerdo con Prince y Felder (2006), consideramos que se puede hablar de la indagación/investigación (IBSE, *inquiry-based science education*) como sinónimo de métodos inductivos y de la enseñanza por descubrimiento, basada en la resolución de problemas (PBL, *problem-based learning*), en proyectos y en el estudio de caso, como metodologías que reúnen las características inductivas.

En concreto, según la definición de Linn, Davis y Bell (2004, p. 4) ampliamente referida, *indagación* es «the intentional process of diagnosing problems, critiquing experiments and distinguishing alternatives, planning investigations, researching conjectures, searching for information, constructing models, debating with peers and forming coherent arguments». Es decir, es una manera de implementar la metodología científica que, a diferencia de la forma tradicional de formular el método científico, reconoce expresamente que la indagación

supone un proceso de carácter cíclico y no lineal (Sandoval, 2004).

En nuestro contexto educativo, en el currículo escolar, la indagación también está presente como procedimiento para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. En la LOGSE 1990, como métodos habituales en la actividad científica, «los alumnos han de conocer y utilizar algunos métodos habituales en la actividad científica [...]: planteamiento de problemas [...]; utilización de fuentes de información de manera sistemática [...]; formulación de hipótesis [...]; contraste de hipótesis mediante la observación rigurosa y [...] la planificación y realización de experimentos; recogida, organización y análisis de los datos; discusión de conclusiones» (MEC, 1991, p. 41).

En la LOE 2006, la competencia científica supone «la habilidad progresiva para poner en práctica los procesos y actitudes propios de la indagación científica: identificar y plantear problemas relevantes; realizar observaciones [...] con conciencia del marco teórico que las dirige; formular preguntas; localizar, obtener, analizar y representar información cualitativa y cuantitativa; plantear y contrastar soluciones tentativas o hipótesis; realizar predicciones e inferencias [...], e identificar el conocimiento disponible [...] necesario para responder a las preguntas científicas, y para obtener, interpretar, evaluar y comunicar conclusiones» (MEC, 2007a, p. 687).

Dentro de las metodologías de carácter indagativo, en nuestro equipo de investigación, desde hace décadas, venimos trabajando en la resolución de situaciones problemáticas abiertas para diferentes disciplinas de la educación secundaria: física (Varela Nieto y Martínez Aznar, 1997; Varela Nieto y Martínez Aznar, 1998), biolo-



Figura 1. Esquema general de la metodología de resolución de problemas como investigación (MRPI).

gía (Martínez Aznar e Ibáñez, 2005) y química (Martínez Aznar y Ovejero Morcillo, 1997), y también para distintos niveles educativos: primaria (Dopazo, 2004), secundaria (Martínez Aznar *et al.*, 2001) y formación del profesorado (Martínez Aznar y Varela, 2009). El procedimiento utilizado es la MRPI, que se muestra en la fig. 1. El esquema refleja que la construcción del conocimiento parte de un desafío, de un problema, que requiere de la comprensión del mismo, de la búsqueda de conocimiento para poder representarlo y reformularlo, en términos operativos, sobre la base de los intereses del alumnado. Además, conlleva el enunciado de conjeturas o explicaciones tentativas que deben comprobarse mediante el diseño de estrategias de resolución. La toma de decisiones y la realización de experimentos permiten la obtención de datos e información que deben ser analizados para buscar regularidades y poder dar soluciones al desafío inicial en términos de las hipótesis planteadas. Todos y cada uno de los pasos pueden suponer la revisión de los planteamientos previos y la construc-

ción de nuevo conocimiento como punto de partida para la formulación de nuevos problemas y retos. Cabe destacar la relevancia que supone la presencia de las hipótesis y de la identificación y control de variables para el desarrollo cognitivo por parte de los estudiantes y para visualizar el trabajo que desarrollan los científicos.

El programa de diversificación y la metodología de resolución de problemas como investigación

El programa de diversificación curricular se contempla dentro del sistema educativo español como una medida excepcional de atención a la diversidad. Está dirigido a aquellos alumnos que en los años anteriores han mostrado dificultades generalizadas de aprendizaje que les impiden alcanzar los objetivos y competencias básicas propios del currículo ordinario de la ESO.

La Resolución de 1 de agosto de 2007 (MEC, 2007b, p. 35488), que regula estos programas, indica la necesidad de utilizar en las aulas de diversificación metodologías específicas para conseguir

los objetivos y posibilitar la obtención del título de graduado, recogiendo las indicaciones para estos programas de la LOE 2006, que en su art. 27 indica que «los objetivos de la etapa se alcanzarán con una metodología específica a través de una organización de contenidos, actividades prácticas y, en su caso, de materias, diferente a la establecida con carácter general» (MEC, 2006, p. 17171).

Si bien esta redacción parece algo ambigua, se puede interpretar que con *metodología establecida* se refiere a los métodos tradicionales de naturaleza deductiva, aunque no sean los deseables ni recomendados para la educación obligatoria ordinaria (Informe Rocard, 2007).

Pues bien, en este contexto, las actividades centradas en la resolución de situaciones problemáticas abiertas contextualizadas serían muy apropiadas para conseguir aprendizajes significativos con grupos de alumnos que presentan dificultades de aprendizaje.

Las actividades centradas en la resolución de situaciones problemáticas abiertas contextualizadas serían muy apropiadas para conseguir aprendizajes significativos con grupos de alumnos que presentan dificultades de aprendizaje

No obstante, es necesario hacer algunas puntualizaciones. Por ejemplo, en algunas ocasiones, se puede requerir de una adaptación de la MRPI que se presenta en la fig. 1 (Martínez Aznar, 2009), como en este caso, para adecuarla a las características y nivel de los escolares del programa de diversificación, con la intención de facilitarles su uso

Tabla 1. Plantilla de la metodología de resolución de problemas como investigación (MRPI) adaptada al programa de diversificación

1. Análisis cualitativo del problema	¿Qué puedo decir? Analiza todos los aspectos que aparecen en la situación planteada en lo referente a sustancias, hechos, acciones, etc., e indica aspectos teóricos a tener presentes y restricciones.
2. Emisión de hipótesis	¿Qué va a suceder? Propón una hipótesis de trabajo que relacione los factores (variables) implicados.
3. Elaboración de estrategias (teórica o de laboratorio)	Voy a... Explica de forma resumida los pasos a seguir para encontrar la solución del problema, el marco teórico que vas a emplear, las variables que necesitas conocer para solucionar el problema, el material necesario en el caso experimental, etc.
4. Resolución del problema	¿Qué pasos hay que seguir? Escribe los pasos detallados de la resolución (teórica, sin datos numéricos) del problema según la hipótesis y la estrategia propuestas.
5. Análisis de los resultados	¿Es lo que esperabas? Observa si lo propuesto se corresponde con la hipótesis propuesta (unidades, magnitudes, etc.) y comprueba con un ejemplo o práctica de laboratorio si es así.

Fuente: Bárcena (2012).

y comprensión a través de una serie de preguntas sencillas que recogen los pasos del esquema, según se muestra en la tabla 1.

Otra puntualización de importancia es considerar que la naturaleza de las situaciones problemáticas a trabajar debe estar contextualizada en fenómenos y contenidos relevantes y próximos al alumnado. Además, hay que contemplar el carácter interdisci-

plinar de los problemas, máxime cuando en el currículo para la diversificación se habla de *ámbito científico-tecnológico*, donde se incluyen materias como las matemáticas, las ciencias de la naturaleza (biología, geología, física y química) y la tecnología.

De esta forma, se pretende favorecer la enseñanza de las ciencias en general y de la química en particular, así como mejorar

la predisposición hacia el aprendizaje científico por parte del alumnado con dificultades de aprendizaje, en línea con otras iniciativas que lo respaldan (Boyano Sánchez, 2000; Otter, 2011).

¿Cómo indagar en el aula de diversificación?

La implementación de metodologías investigativas como la MRPI supone un cambio en los

Tabla 2. Roles desempeñados por el alumnado y por el profesorado durante el proceso indagativo de resolución de situaciones problemáticas abiertas

Rol del alumnado	Rol del profesorado
<ul style="list-style-type: none"> - Coordinarse en el grupo y tomar decisiones. - Operativizar y personalizar las situaciones problemáticas según sus intereses y los del grupo. - Construir el conocimiento necesario para resolver el reto. - Formular hipótesis. - Diseñar estrategias de resolución, identificando y controlando variables. - Llevar a cabo los planes diseñados. - Elaborar conclusiones y comunicar resultados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Planificar y diseñar las situaciones problemáticas abiertas adecuándolas al currículo escolar. - Resolver los problemas abarcando todas las posibilidades que puedan surgir en el aula. - Administrar los tiempos disponibles para la resolución. - Elaborar los materiales que puedan requerirse durante el proceso de resolución (selección de textos, páginas web o elaboración de los mismos). - Coordinar la formación de grupos de trabajo. - Orientar y guiar el proceso de resolución en el aula. - Evaluar los aprendizajes.

roles tradicionales asumidos por los escolares y sus profesores. Así, de la observación de aulas donde se resuelven problemas abiertos, se pueden caracterizar las funciones desempeñadas por el profesorado y las realizadas por los escolares, básicamente, las actividades relacionadas con los aspectos metodológicos, que se muestran en la tabla 2.

A continuación, se desarrollan algunas de estas funciones y tareas para el caso concreto de la situación problemática abierta «¿Es beneficioso masticar bien para realizar una buena digestión?», empezando por caracterizar el papel desarrollado por la profesora de aula, coautora del trabajo.

Resolver los problemas abarcando todas las posibilidades que puedan surgir en el aula

La situación problemática propuesta se ubica en el currículo oficial, en el bloque 2 de Ciencias de la naturaleza, en la unidad didáctica «Alimentación y nutrición humana» (BOCM, 2007, p. 10). El siguiente paso es resolverlo contemplando todos los pasos de la MRPI, de la forma más completa posible de acuerdo con el nivel de los alumnos a los que se dirige. La intención es evitar improvisaciones y contemplar todas las posibles propuestas de los escolares. En el anexo 1 se recogen, de forma breve, los aspectos principales de un ejemplo de resolución de las muchas posibles que debe contemplar la profesora.

Por lo que respecta a los contenidos conceptuales, incorporados en el primer paso (análisis cualitativo del problema), los alumnos deben construir, básicamente, conocimientos sobre los aspectos biológicos de la digestión y sobre aspectos químicos, como tipos de sustancias, el cambio químico y el cambio físico y

sus diferencias, ácidos y bases y las escalas de pH. No obstante, hay que considerar que, al tratarse de situaciones problemáticas abiertas, los alumnos podrán operativizar, cerrar los problemas, de forma distinta y, por lo tanto, abordar diferentes contenidos (por ejemplo, puede surgir la idea de *reactivo limitante y en exceso*).

Además, hay que considerar el planteamiento de diferentes hipótesis (fase 2 de la MRPI) y, para cada una de ellas, el desarrollo de estrategias de resolución que pueden, a su vez, ser variadas (fase 3).

Otro aspecto a tener en cuenta es la necesaria elaboración de materiales que los escolares puedan necesitar (tablas, datos, etc.) y que, dada la naturaleza de los problemas, no siempre están disponibles en libros de texto. Estos recursos se distribuirán siempre que sea necesario y demandado por los escolares.

Coordinar la formación de grupos de trabajo

En este caso, la indagación se ha llevado a cabo con un grupo-clase de alumnos del IES Isaac Peral, de la localidad madrileña de Torrejón de Ardoz, en 2012. El grupo lo formaban nueve escolares de 3.º de ESO (seis hombres y tres mujeres de 16,2 años de edad media) que cursaban la asignatura de ámbito científico-tecnológico dentro del programa de diversificación curricular a dos años.

El perfil de estos alumnos presenta, en general, problemas de aprendizaje y desfase curricular en las áreas de matemáticas y en todas las materias científicas, mostrando la mayoría, además, problemas de expresión oral y escrita. Más de la mitad de los alumnos tienen conflictos sociales y familiares. Sus trayectorias académicas les han ocasionado poca confianza hacia el propio aprendizaje científico y, por lo

tanto, escasa motivación hacia el aprendizaje de la química, inaccesible hasta ahora.

Para el trabajo en el aula, se forman libremente dos grupos cooperativos de cinco y cuatro alumnos y se nombra un coordinador, que hace de secretario y portavoz para la clase.

Orientar y guiar el proceso de resolución en el aula

Durante el proceso de resolución del problema, la profesora actúa de facilitadora de los aprendizajes.

La pregunta de partida se entrega para que los alumnos elaboren su propuesta individual en casa, que es entregada inicialmente a la profesora para que la evalúe sin influencia del grupo. Posteriormente, los alumnos analizan y discuten sus resoluciones en grupo hasta asumir una postura común, que llevarán a cabo a nivel experimental. En todo momento, la profesora orienta y vigila el desarrollo de la actividad y la ejecución de los experimentos para evitar riesgos y prevenir accidentes.

Evaluar los aprendizajes

Para poder evaluar el grado de aprendizaje de las competencias presentes en la MRPI, se dispone de la resolución individual y de la de grupo, así como las actuaciones que la profesora observa durante el trabajo en el aula. Para analizar los resultados de las producciones, se establecen niveles de resolución (por ejemplo, de 0 a 3) para cada uno de los pasos de la MRPI, transformados así en dimensiones competenciales. Además, se genera otra nueva dimensión de verbalización para analizar cómo explicitan y elaboran las producciones, concediendo un nivel 0 para las producciones no elaboradas (enumeran, reproducen textos sin elaborar, etc.) hasta un nivel 3, de



Figura 2. Grupo de alumnos elaborando la propuesta común de resolución de la situación problemática.

máxima elaboración, en el que se observan explicaciones completas y claras y desarrollos personales originales y adecuados a la situación planteada.

La medición de estas dimensiones permite graduar el nivel alcanzado por los escolares de cara a la evaluación continua.

Una vez caracterizado, de forma breve, el trabajo desarrollado por la profesora, se hace mención a la actividad del alumnado, a su rol dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje indagativo según la tabla 2.

Coordinarse en el grupo y tomar decisiones

La propuesta individual de resolución debe ser el punto de partida para el trabajo cooperativo del grupo (fig. 2). Sus miembros analizan y discuten cada resolución y, entre todos, deciden la reformulación más idónea y la estrategia adecuada a seguir para la resolución del problema. Así, la propuesta individual da paso a una resolución única del grupo, que resulta ser, en todos los casos, mucho más elaborada y enri-

quecida que cualquiera de las individuales.

La exposición de la resolución de cada grupo ante la clase acrecienta el aprendizaje de todos ellos, ya que las opciones de resolución variadas dan lugar a que se analicen diferentes conceptos y procedimientos surgidos.

Como se desprende de la fig. 1 y de la tabla 2, las tareas a desarrollar por los escolares se corresponden, fundamentalmente, con los pasos de la MRPI. Por ello, los cinco últimos roles mencionados en la tabla 2 se engloban en el apartado siguiente.

¿Cómo resuelven los escolares la situación problemática propuesta?

En ambos grupos, la hipótesis que se plantean es que, efectivamente, «a mayor masticación, mayor facilidad para la transformación de los alimentos en nutrientes». En palabras de los escolares: «Pensamos que, si metemos un trozo de filete sin trocear en una disolución de pH ácido, tardará más en digerirse que si lo metemos ya troceado en la disolución de pH ácido» (grupo 1).

«Al triturar más la comida, llega

a) Alimento sin trocear y troceado sin masticación



b) Alimento sin trocear y troceado con masticación



Figura 3. Fotos de algunos momentos del proceso seguido por los alumnos del grupo 1 en la resolución de la situación problemática planteada.

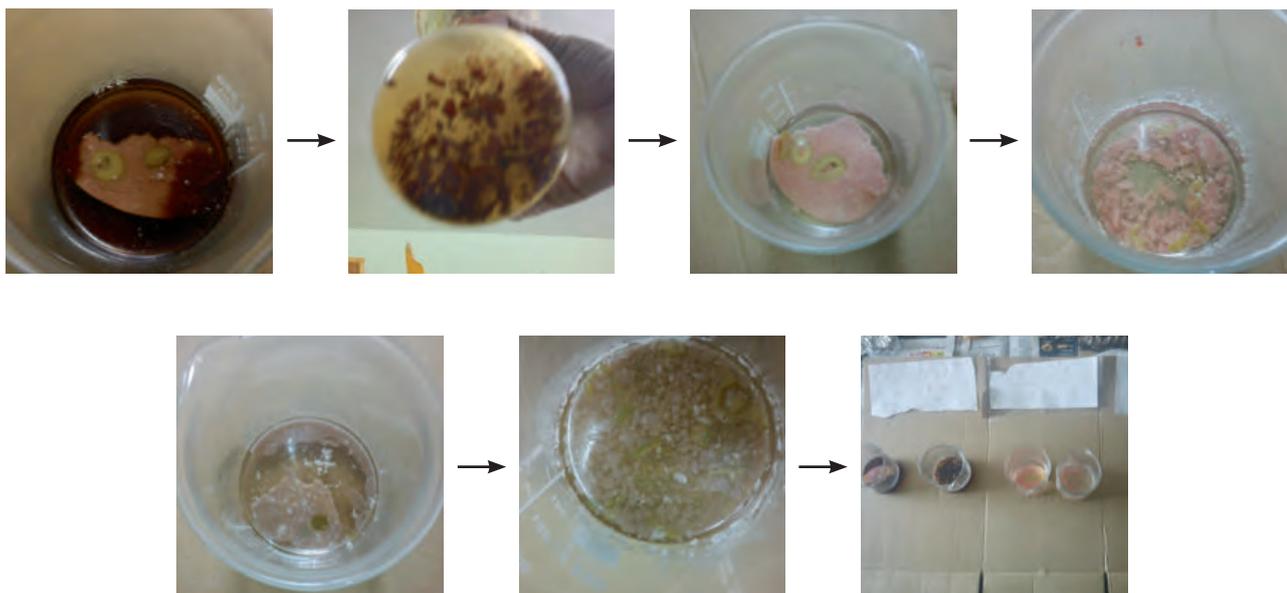


Figura 4. Fotos de algunos momentos del proceso de resolución del grupo 2 con el alimento troceado y sin trocear y con tres líquidos ácidos diferentes.

mucho más triturada, y de esta manera es más sencillo para el estómago digerirla, al costarle menos trabajo» (grupo 2).

Para contrastar la hipótesis consensuada, los dos grupos plantean estrategias de resolución diferentes que hacen que se trabajen conceptos químicos distintos.

El grupo 1 enfoca la estrategia de resolución con dos experimentos en paralelo. Primero, estudian cómo afecta el ácido de los refrescos de cola a un trozo de chorizo troceado con tijeras y a otro idéntico sin trocear. Además, en su desarrollo, comentan lo inapropiado de utilizar los dientes para trocearlo, pues las proteínas no se rompen en la boca, analizando la acción de la saliva sobre el almidón. Así, montan un segundo experimento con dos trozos de pan, masticado y sin masticar, pero esta vez con la boca, pues razonan que en este caso es lógica la masticación por la digestión química de la saliva. En la fig. 3 se presentan algunas instantáneas de la experimentación desarrollada por el grupo 1.

El segundo grupo enfoca también su resolución con dos experimentos en paralelo. Primero,

estudian el comportamiento del reactivo (comida, en este caso, mortadela de aceituna) en función de su tamaño (una misma cantidad de embutido sin masticar y otra troceada con los dientes). Luego, introducen el alimento en una cantidad fija de un líquido ácido (refresco de cola). Deciden al mismo tiempo poner en paralelo otros dos experimentos cambiando el líquido (con vinagre y con ácido clorhídrico diluido). Algunas fotos del proceso aparecen en la fig. 4.

Cabe señalar que se cuenta en todo momento con la colaboración de las familias no solo en lo referente a los permisos de grabación, sino también a la compra de los alimentos y materiales que los alumnos proponían para sus experimentos.

Otro aspecto muy destacable es la importancia de la indagación en la construcción del conocimiento, en este caso, químico. En este tipo de actividades, la finalidad no es aplicar los conocimientos transmitidos por el profesor a ejercicios y problemas, sino construirlos, según sea necesario, para poder resolver el reto planteado.

En este tipo de actividades, la finalidad no es aplicar los conocimientos transmitidos por el profesor a ejercicios y problemas, sino construirlos, según sea necesario, para poder resolver el reto planteado

En este sentido, durante la resolución del primer grupo, surge la diferenciación entre cambio físico y químico. En el estudio del pH de los jugos gástricos, descubren las sustancias ácidas y la escala de pH, de forma que proponen un líquido comercial como el del estómago (ácido clorhídrico diluido). También estudian la influencia de los factores cinéticos, como el estado de subdivisión de los reactivos en una reacción química.

En el segundo grupo, la indagación hace que surjan conceptos como *proceso físico* (trocear con tijeras o dientes) y *proceso químico* (acción de la saliva o de los ácidos del estómago), así que sus miembros investigan el ácido clorhídrico y la escala de pH y

Cuadro 1. Aspectos fundamentales para la resolución de la situación problemática «¿Es beneficioso masticar bien para realizar una buena digestión?»

Análisis cualitativo de la situación problemática

Aspectos a analizar y sobre los que se preparan materiales:

- La digestión como proceso para obtener los nutrientes de los alimentos que serán absorbidos (diferencia entre *alimento* y *nutriente*). Cambio químico.
- El aparato digestivo.
- La masticación dentro del proceso general de la digestión.
- Digestión mecánica y química en la boca. Diferencia entre *cambio físico* y *cambio químico*.
- El jugo gástrico. El ácido clorhídrico y las enzimas.
- pH de la boca (saliva) y del estómago (jugo gástrico). Sustancias ácidas y básicas. Escala de pH.
- Aspectos cinéticos de las reacciones químicas: influencia en la velocidad de reacción de aspectos como el tamaño de los reactivos.
- Formas de expresar la concentración del reactivo (ácido en una disolución), etc.

Reformulación del problema abierto

Comparar en un líquido de pH semejante al del estómago en qué forma el alimento se rompe de una manera más eficiente: cuando está sin trocear o cuando se rompe por la masticación en cadenas más pequeñas.

Emisión de hipótesis

H1: una buena masticación de los alimentos facilitará la rotura de los alimentos en nutrientes de forma más eficaz para que sean absorbidos mejor en el intestino.

Diseño de las estrategias de resolución

Identificación y control de variables

- Variable dependiente: obtención de nutrientes por rotura de las cadenas de los alimentos.
- Variable independiente: tamaño del reactivo sólido (alimento).
- Variable de control: pH del medio, cantidad y tipo de alimento.

Determinación de las magnitudes a medir, de los datos, materiales y aparatos requeridos para la solución de la situación problemática

Vasos de precipitado o frascos, probeta, papel indicador de pH, líquidos ácidos (refresco de cola, agua fuerte, vinagre) y distintos alimentos (mortadela, chorizo, pan).

Resolución del problema

Para cada experiencia propuesta, se puede tener una posible resolución. Por ejemplo:

1. Medir dos cantidades exactas de chorizo (dos lonchas del mismo grosor y que pesen lo mismo).
2. Tomar una de las lonchas y trocearla o masticarla y depositarla en un vaso de precipitados o frasco de cristal.
3. Depositar en otro vaso de precipitados la loncha sin trocear.
4. Medir un volumen determinado de líquido ácido y añadirlo al primer vaso de precipitados (debe cubrir el alimento).
5. Medir otra cantidad idéntica a la anterior y añadirla al segundo vaso de precipitados.
6. Esperar 2 h.

Análisis de resultados

Es fundamental realizar una observación detallada. Los estudiantes deberán tomar notas para registrar los cambios más notables y relevantes. Verificar la consistencia de los resultados en correspondencia con la hipótesis formulada. Destacar la importancia de ensalivar bien ciertos alimentos que contienen almidón, como el pan, así como resaltar el papel de las enzimas en la descomposición de los alimentos en nutrientes, por ejemplo, de las proteasas en el estómago. Reconocer la digestión como un proceso controlado por diversos factores: el pH del estómago, el grado de división del sustrato (alimento), la cantidad de ácido reactivo, etc. Además, analizar e identificar el cambio de color del líquido en el tiempo y relacionar la necesidad de añadir, cuando ha transcurrido mucho tiempo, más líquido reactivo con el concepto *reactivo limitante* y *en exceso*.

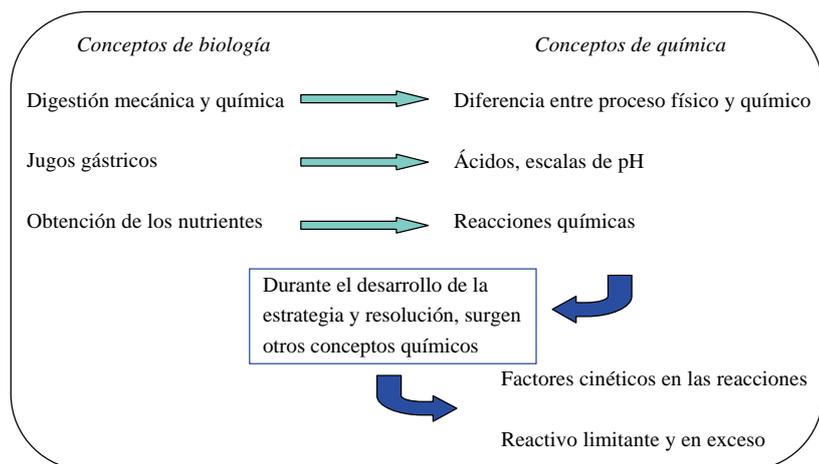


Figura 5. Conceptos de biología y química que van surgiendo a lo largo de la resolución del problema.

buscan un líquido de carácter ácido (refresco de cola).

Además, durante el experimento, ven cómo el refresco de cola pierde su color y, sin embargo, sigue habiendo alimento sin reaccionar. Por ello, proponen añadir más líquido ácido. Surge entonces el concepto *reactivo limitante* y *en exceso* en las reacciones químicas. Es decir, a partir de un fenómeno biológico tan cercano como el proceso de digestión, los alumnos van construyendo su propio aprendizaje de contenidos químicos tan complejos como el concepto *reactivo limitante*, según demuestran las investigaciones sobre concepciones alternativas (Olmsted, 1999).

En la fig. 5 se muestran los conceptos surgidos en la resolución de la situación problemática planteada.

Reflexiones finales

Los alumnos que en principio muestran poca autoestima y escasa confianza en que puedan conseguir una solución adecuada a un problema científico como el planteado, al final, se muestran confiados y disfrutan enseñando a sus compañeros los conceptos químicos y biológicos que han surgido y aprendido. No solo son partícipes de su propio aprendizaje, sino que se sienten cómo-

dos, como expertos, al exponer en grupo ante la clase el trabajo elaborado y los resultados obtenidos. Incluso entran en debates entre grupos, lo que demuestra lo útil de esta metodología para alumnos que *a priori* se muestran reticentes a expresarse de forma oral y escrita y que se autolimitan por considerar un lastre su bagaje de conceptos científicos hasta ese momento. Los alumnos adquieren confianza al plantearse una situación cercana a ellos y los conceptos surgen sin forzar ninguna situación, lo que favorece el aprendizaje significativo.

En el cuadro 1 se indican los aspectos fundamentales para la resolución de la situación problemática investigada

Referencias

BÁRCENA, A. I. (2012). Comunicación personal de la autora.
BOCM (2007). Orden 4265/2007, de 2 de agosto, de la Consejería de Educación, por la que se regula el programa de diversificación curricular en la Educación Secundaria Obligatoria de la Comunidad de Madrid [en línea]. Madrid: Comunidad de Madrid. Consejería de Educación. <http://www.madrid.org/dat_captal/novedades/pdf/orden_diversificacion_secundaria_0708.pdf> [Consulta: 15 febrero 2013]

BOYANO SÁNCHEZ, F. J. (2000). «El teñido: Problema abierto para el ámbito científico-tecnológico». *Cuadernos de Pedagogía*, 293: 87-89.

BRANSFORD, J. D.; BROWN, A. L.; COCKING, R. R. (ed.) (2000). *How people learn: Brain, mind, experience and school* [en línea]. Washington DC: Academy Press. <<http://www.nap.edu/books/0309070368/html>> [Consulta: 15 febrero 2013]

DOPAZO, A. (2004). *Diseño de situaciones problemáticas abiertas para el desarrollo de la unidad didáctica «La luz», en sexto de primaria*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. Diploma de Estudios Avanzados.

EURYDICE (2012). *Developing key competences at school in Europe: Challenges and opportunities for policy 2011/2012* [en línea]. Bruselas: Education, Audiovisual and Culture Executive Agency. <http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/thematic_reports/145EN.pdf> [Consulta: 15 febrero 2013]

INFORME ROCARD (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe* [en línea]. Bruselas: European Commission. <http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf> [Consulta: 15 febrero 2013]

LINN, M. C.; DAVIS, E. A.; BELL, P. (2004). *Internet environments for science education*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.

MARTÍNEZ AZNAR, M. M. (2009). «La MRPI: Una metodología investigativa para el desarrollo de competencias científicas escolares en la educación primaria». En: CERVELLÓ COLLAZO, J. (coord.). *Educación científica «ahora»: El informe Rocard*. Madrid: Ministerio de Educación. Subdirección General de

- Información y Publicaciones, p. 47-78.
- MARTÍNEZ AZNAR, M. M.; BÁRCENA, A. I.; IBÁÑEZ, M. T.; VARELA, M. P. (2001). «Herencia, biomasa y energía: Tres campos para investigar resolviendo problemas». En: *VI Congreso Internacional sobre Investigaciones en la Didáctica de las Ciencias*. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona. Institut de Ciències de l'Educació, p. 133-134.
- MARTÍNEZ AZNAR, M. M.; IBÁÑEZ, M. T. (2005). «Solving problems in genetics». *International Journal of Science Education*, 27(1): 101-121.
- MARTÍNEZ AZNAR, M. M.; OVEJERO MORCILLO, P. (1997). «Resolver el problema abierto: Teñir lanas con productos colorantes naturales, una actividad investigativa para la enseñanza secundaria obligatoria». *Enseñanza de las Ciencias*, 15(3): 401-422.
- MARTÍNEZ AZNAR, M. M.; VARELA, M. P. (2009). «La resolución de problemas de energía en la formación inicial de maestros». *Enseñanza de las Ciencias*, 27(3): 343-360.
- MEC (1991). *Real Decreto 1345/1991, de 6 de septiembre, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria* [en línea]. Madrid: Gobierno de España. <<http://www.boe.es/boe/dias/1991/09/13/pdfs/C00039-00094.pdf>> [Consulta: 15 febrero 2013]
- (2006). *Ley Orgánica de Educación* [en línea]. Madrid: Gobierno de España. <<http://www.boe.es/boe/dias/2006/05/04/pdfs/A17158-17207.pdf>> [Consulta: 15 febrero 2013]
- (2007a). *Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria* [en línea]. Madrid: Gobierno de España. <<http://www.boe.es/boe/dias/2007/01/05/pdfs/A00677-00773.pdf>> [Consulta: 15 febrero 2013]
- (2007b). *Resolución de 1 de agosto de 2007, de la Secretaría General de Educación, por la que se regulan los programas de diversificación curricular en Educación Secundaria Obligatoria* [en línea]. Madrid: Gobierno de España. <<http://www.boe.es/boe/dias/2007/08/22/pdfs/A35488-35490.pdf>> [Consulta: 15 febrero 2013]
- OCDE (2006). *Evolution of student interest in Science and Technology studies* [en línea]. París: OCDE: <<http://www.oecd.org/dataoecd/16/30/36645825.pdf>> [Consulta: 15 febrero 2013]
- OLMSTED, J. (1999). «Among tables as a diagnostic tool for flawed stoichiometric reasoning». *Journal of Chemical Education*, 76(1): 52.
- OTTER, C. (2011). «Context-based learning in post-compulsory education Salters Advanced Chemistry project». *Educació Química*, 10(2): 11-17.
- PRINCE, M.; FELDER, R. M. (2006). «Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons and research bases». *Journal of Engineering Education*, 95(2): 123-138.
- SANDOVAL, W. A. (2004). «Developing learning theory by refining conjectures embodied in educational designs». *Educational Psychologist*, 39(4): 213-223.
- VARELA NIETO, M. P.; MARTÍNEZ AZNAR, M. M. (1996). «Resolver problemas: Una actividad cotidiana en las aulas». *Revista del Ilustre Colegio Oficial de Doctores y Licenciados en Filosofía y Letras y Ciencias*, 78: 18-19.
- (1997). «Investigar y aprender resolviendo problemas abiertos de física». *Revista Española de Física*, 11: 32-37.
- (1998). «Una estrategia de cambio conceptual en la enseñanza de la física: La resolución de problemas como actividad de investigación». *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2): 173-188.



M.ª Mercedes Martínez Aznar

Es química, doctora en Ciencias Químicas, licenciada en Filosofía y Ciencias de la Educación y profesora titular del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Facultad de Educación-Centro de Formación del Profesorado de la Universidad Complutense de Madrid. Su investigación se centra en la resolución de problemas abiertos y en las competencias profesionales y docentes del profesorado de los diferentes niveles educativos.

E-mail: mtzaznar@edu.ucm.es.



Ana Isabel Bárcena Martín

Es licenciada en Química por la Universidad Autónoma de Madrid y profesora de Física y química en el IES Isaac Peral de Torrejón de Ardoz (Madrid). Ha impartido cursos de formación de profesorado, ha participado y coordinado proyectos de divulgación científica y ha escrito artículos de didáctica de la química y libros de texto de educación secundaria.

Actualmente realiza su doctorado en la Facultad de Educación-Centro de Formación del Profesorado de la Universidad Complutense de Madrid.

E-mail: abarcelona@ono.com.