

Aprendiendo química a través de autodefinidos multinivel

Antonio Joaquín Franco Mariscal¹

Abstract (*Learning Chemistry through a multilevel puzzle*)

We present in this paper a funny way to obtain the learning of main chemical concepts. We propose a different but enjoyable method of teaching Chemistry designated “scientific puzzle”, as a consolidation or synthesis activity for learning fundamental chemical concepts. This resource consists in deducing concepts from small definitions and problems, whose answers should be placed in a giant puzzle. We can apply this innovative resource with only a concept or with different concepts. “Scientific puzzle” presents a lot of advantages: students’ motivation increases, we can work all the concepts of the unit with only one activity, we can connect contents and adapt definitions to different levels of difficulty. Also, the presentation of concepts as definitions makes easy rote learning, while small numerical questions contribute to the significant learning and the development of logical thinking. The results show that teaching methods like the “scientific puzzle” have potential to improve students’ attitude towards science.

Introducción

Para obtener el aprendizaje de los conceptos de cada unidad de un curso determinado se pueden utilizar diferentes recursos o metodologías didácticas. Dichas propuestas metodológicas o experiencias de aprendizaje se llevan a cabo de una manera activa y ordenada a través de los diferentes tipos de actividades. Según Sanmartí (2000) las actividades que se plantean a los alumnos son un reflejo del proceso de enseñanza aprendizaje que se lleva a cabo en las aulas ya que “se enseña y se aprende a través de las actividades”.

En España, el Proyecto Curricular de Educación del Ministerio de Educación y Ciencia (MEC) (1992), distingue en el aula varios tipos de actividades atendiendo al papel que desempeñan en el desarrollo didáctico:

- *Actividades de iniciación, presentación o motivación:* Son aquellas que han de introducir el interés de los alumnos por lo que respecta a la realidad que han de aprender.
- *Actividades de detección de ideas previas:* Son las que se realizan para obtener información acerca de los conocimientos previos, opiniones, aciertos o errores de los alumnos sobre los contenidos que se van a desarrollar.
- *Actividades de desarrollo de los contenidos:* Son las que permiten al alumnado la adquisición de nuevos contenidos.
- *Actividades de consolidación:* En las cuales los estudiantes contrastan nuevas ideas con las previas y aplican los nuevos aprendizajes.
- *Actividades de síntesis-resumen:* Son aquellas que permiten a los alumnos establecer la relación entre los distintos contenidos aprendidos, así como la contrastación con los que ya tenían.
- *Actividades de recuperación:* Son las que se programan para los estudiantes que no han alcanzado los conocimientos trabajados.
- *Actividades de ampliación:* Permiten continuar construyendo conocimientos a los alumnos que han realizado de manera satisfactoria las actividades de desarrollo propuestas, y también las que no son imprescindibles en el proceso.
- *Actividades de evaluación:* Son aquellos ejercicios dirigidos a la evaluación formativa y sumativa que no estuvieron cubiertos por las actividades de aprendizaje de los tipos anteriores.

Según Cintas (2000), el conjunto de actividades que realiza el estudiante debe permitir diferentes ritmos de aprendizaje, fomentar el uso de diversas fuentes de información y ser motivadoras. En cualquier caso, toda unidad desarrollada en cualquier programa académico deberá considerar todos y cada uno de los diferentes tipos de actividades. En los últimos años, diversos autores (Cintas, 2000; Vincentelli, 2003; Jiménez y Criado, 2005) han realizado una revisión crítica de las diferentes actividades de enseñanza que se plantean en los libros de texto. Así, en el área de Química, Jiménez y Criado (2005) han analizado el tipo de actividades que en relación con la historia de la Química recogen diferentes libros de

¹ I.E.S. Javier de Uriarte, Poblado Naval, Parcela 11, 11530 Rota Naval, Cádiz, España.

Correo electrónico: antoniojoaquin.franco@uca.es

Recibido: 30 de abril de 2007; aceptado: 18 de junio de 2007.

texto de la etapa de educación secundaria de distintas editoriales españolas, clasificándolas a partir de una adaptación de la taxonomía propuesta por Dodge (1999). Por otro lado, Vincentelli (2003) ha efectuado un análisis de las actividades que aparecen en varios libros de texto de cuarto y sexto grados de educación básica de Venezuela en término de las competencias cognitivas requeridas para poder resolverlas. Con idea de poder establecer el porcentaje que utilizan los libros de texto de Química para cada tipo de actividades, en la tabla 1 se han asociado los diversos ítems que utilizan Jiménez y Criado (2005) y Vincentelli (2003) con los propuestos por el MEC (1992).

Se observa que los porcentajes de ambos estudios coinciden prácticamente con un margen de error próximo al $\pm 8\%$. Así, el tipo de actividades mayoritaria en los libros de texto de Química, en torno al 60%, se corresponde con actividades de desarrollo de los contenidos, encontrándose el resto de tipos en proporciones variables. Se observan en algunos tipos de ejercicios porcentajes en torno al 5%, lo que indica un déficit en las actividades de motivación, consolidación, síntesis resumen y ampliación. Además, se detecta la escasez de actividades de evaluación o recuperación, presentes en porcentajes entre el 0 y 2%.

Respecto a las actividades de consolidación, síntesis y evaluación, las pocas que se incluyen se centran en un reducido número de conceptos, y a pesar de su importancia en el proceso de enseñanza aprendizaje, el docente apenas las utiliza. Con idea de contribuir a potenciar el uso de este tipo de actividades entre el profesorado, este artículo presenta un recurso didáctico que permite trabajar de forma eficaz y divertida este tipo de ejercicios basándose en el ocio para alcanzar el aprendizaje. Recientemente, Sosa (1997), Tubert (1998), Eilks (2005), Hernández (2006) o Franco (2006a, 2006b) han empleado con éxito el entretenimiento aplicado a la Didáctica de la Química. Además, la consecución del aprendizaje a partir de situaciones de ocio también se ha utilizado en otras áreas como la Ingeniería Química (Anaya-Durand, 2004a, 2004b, 2004c), Matemáticas (Ferreiro, 1998; Corbalán, 1998), Lengua y la Literatura (Vilà, 1992; Jacquet, 2004), Educación Musical (Storms, 2003) o Educación Física (Ortí, 2003), tanto en la educación primaria como en secundaria.

El presente artículo se enmarca en la línea de innovación educativa en el área de Física y Química iniciada con otros trabajos recientes del mismo autor (Franco, 2005a, 2005b, 2006, 2006c, 2007).

Tabla 1. Porcentaje de cada tipo de actividades en los libros de texto de Química.

Clasificación del MEC	Jiménez y Criado (2005)	Vincentelli (2003)
Iniciación o motivación	Actividades de valoración (5%) Total: 5%	Creatividad (1.1%) Observación e interpretación (5%) Total: 6.1%
Detección ideas previas	Actividades de razonamiento (12%) Actividades de respuesta cerrada (2%) Total: 14%	Activación de los conocimientos previos (16,7%) Observación e interpretación (5%) Total: 21.7%
Desarrollo de contenidos	Actividades de búsqueda en el propio libro del alumno (35%) Actividades de razonamiento (12%) Actividades recopilación datos (9.5%) Actividades de cálculo (3%) Total: 59.5%	Aprendizaje memorístico (22.2%) Análisis (11.1%) Formulación de inferencias, hipótesis y analogías (15.5%) Parafrasear el texto (6. 7%) Total: 55.5%
Consolidación	Actividades de diseño (5%) Total: 5%	Pensamiento crítico (2.2%) Total: 2.2%
Síntesis resumen	Actividades resumen o comentario (5%) Total: 5%	Análisis (11.1%) Total: 11.1%
Recuperación	Total: 0%	Total: 0%
Ampliación	Actividades revisión bibliográfica (9.5%) Total: 9.5%	Búsqueda de información (3.3%) Total: 3.3%
Evaluación	Actividades de respuesta cerrada (2%) Total: 2%	Total: 0%

El recurso

El recurso didáctico que se presenta se denomina *autodefinido científico*. El autodefinido es un pasatiempo que consiste en rellenar una plantilla con palabras entrecruzadas a partir de unas definiciones dadas. La plantilla consta de una serie de casillas blancas en las que deben ir las letras y de otras casillas separadoras. Este pasatiempo es similar al crucigrama con la singularidad de que las definiciones se pueden encontrar en la plantilla dentro de las casillas separadoras o en un listado aparte. Así pues, en cada una de estas casillas se pueden situar hasta cuatro definiciones, una para la palabra horizontal hacia la derecha, otra para la palabra horizontal hacia la izquierda, y otras dos para las palabras en vertical, hacia arriba y hacia abajo. Para evitar errores, las definiciones se enumeran y la dirección se indica mediante una flecha.

El recurso didáctico del *autodefinido científico* es, por tanto, una adaptación de este pasatiempo a los conceptos científicos, en particular químicos. Al estar basado en la asociación de un concepto con su definición, se puede utilizar como actividad de síntesis resumen, evaluación o consolidación en el de-

sarrollo de los contenidos. Aunque su preparación puede resultar laboriosa para el docente, presenta grandes ventajas.

Para mostrar la utilidad del recurso a continuación se expone una experiencia realizada con alumnos españoles de educación secundaria. Dicha experiencia se ha llevado a cabo con casi 300 estudiantes de la asignatura de Física y Química de los cursos de 3º y 4º de Educación Secundaria Obligatoria* (ESO) (15-16 años) de cuatro institutos diferentes de la provincia de Valencia (España) durante 2001 y 2006. Concretamente, han participado 201 alumnos de 3º ESO y 95 alumnos de 4º ESO.

* La educación es obligatoria en España desde los 6 hasta los 16 años. Este periodo se divide en dos etapas, la Educación Primaria y la Educación Secundaria Obligatoria (ESO). La Educación Primaria (6-12 años) comprende seis cursos, mientras que la ESO (13-16 años) consta de cuatro cursos divididos en dos ciclos. En esta etapa únicamente en los cursos de 3º y 4º se imparte la asignatura de Física y Química. Por tanto, el alumnado que realiza esta experiencia estudia los dos últimos cursos de enseñanza obligatoria.

Tabla 2. Etapas de la experiencia, alumnos participantes y objetivos

Etapas de la experiencia	Curso escolar	Alumnos	Curso	Objetivos
1) Nombres y símbolos de los elementos químicos	2001/2002	86	3º ESO	Aprendizaje de los nombres y símbolos de los elementos químicos.
2) Propiedades características de algunos elementos	2003/2004	58	3º ESO	Conocer las propiedades que caracterizan a los elementos.
3) Composición de un átomo	2004/2005 2005/2006	57	3º ESO	Extraer para un elemento dado a partir de la tabla periódica la información relativa al número atómico, número másico, masa atómica y partículas constituyentes.
4) Información que proporciona la tabla periódica	2001/2002	31	4º ESO	Conocer y saber extraer toda la información contenida en la tabla periódica: ubicación del elemento en periodos y grupos, nombres de los grupos, carácter metálico, no metálico o semimetálico, distribución electrónica, etc.
5) Formulación química	2002/2003	31	4º ESO	Aprendizaje de las valencias de los elementos más importantes y de la nomenclatura y formulación química según las normas IUPAC.
6) Cálculos químicos	2004/2005 2005/2006	33	4º ESO	Dominar los cálculos químicos relacionados con la cantidad de sustancia, las leyes fundamentales de la química (Lavoisier, Proust), el número de Avogadro, el balanceo de ecuaciones o la ecuación de los gases ideales.
7) Empleo de todos los conceptos de las etapas anteriores	2004/2005 2005/2006	33	4º ESO	Dominar todos los objetivos descritos en las etapas (1) a (6).

La experiencia consistió en resolver el autodefinido que se recoge en el anexo, que se presentó al alumno en blanco acompañado de una definición para cada término. Con la intención de motivar y atraer la atención de los estudiantes hacia nuestra área, la actividad se propuso a tamaño gigante. Todos los términos incluidos en el pasatiempo del anexo se conectan de una u otra forma con el mundo atómico, y se corresponden o bien con los nombres o símbolos de los elementos químicos, o bien con conceptos relacionados con las partículas o partes de un átomo. Se seleccionó “El átomo y los cambios químicos” como unidad de trabajo por varias razones. Por un lado, por tratarse de una unidad incluida dentro del programa de la asignatura de Física y Química de 3º y 4º ESO, y por otro, porque introduce algunos conceptos nuevos y sin referente para el estudiante, poco abordados con este tipo de recursos.

Los conceptos químicos que conforman este pasatiempo abren un abanico de posibilidades para trabajar muchos contenidos relativos al átomo, lo que permite la presentación de este recurso en el aula con múltiples niveles de dificultad. Así, el docente puede utilizar esta actividad para trabajar un único contenido (por ejemplo, elementos químicos) o varios simultáneamente, tales como constitución atómica y símbolos químicos. El profesor tiene, por tanto, la posibilidad de elaborar nuevas definiciones y adaptarlas a las necesidades de su alumnado.

En este sentido, la experiencia se desarrolló en siete etapas, de dificultad creciente, cada una de ellas con un objetivo específico, pero siempre considerando el repaso, la síntesis y la consolidación de conceptos como objetivo general. La tabla 2 resume estas etapas, el número y curso de los alumnos que participaron y los objetivos específicos de cada una de ellas.

En cada etapa participaron grupos de estudiantes diferentes, a excepción de las fases (6) y (7), que fueron el mismo grupo. En todos los casos se presentó el mismo autodefinido pero con diferentes definiciones en función del objetivo específico que se quisiera trabajar. En todas las etapas se eligió como momento del proceso de enseñanza aprendizaje para realizar esta actividad, aquel en el que el alumnado disponía de los conocimientos relativos a la unidad “El átomo y los cambios químicos” necesarios para resolver con éxito el pasatiempo, los cuales se detallan en cada una de las etapas de la experiencia.

Etapas 1. Nombres y símbolos de los elementos químicos

En primer lugar, este autodefinido se utilizó para el aprendizaje de los nombres y los símbolos de los elementos químicos, mostrando al estudiante definiciones del tipo: “*Nombre del elemento cuyo símbolo es Na*” en la definición 10, o “*Símbolo químico del elemento titanio*” en la definición 49. Además, se incluyó en la definición 76 al químico ruso que elaboró la tabla periódica, Mendeleiev. Se han trabajado también los cuatro elementos básicos considerados por los griegos, al haberse introducido tierra y agua en las definiciones 19 y 61, respectivamente. En esta primera etapa, antes de resolver el pasatiempo, el alumnado había estudiado el nombre y el símbolo de los elementos químicos más usuales.

Etapas 2. Propiedades características de algunos elementos

En una segunda etapa se adaptó este recurso para la enseñanza-aprendizaje de las propiedades que caracterizan a los elementos. En este sentido, se trabajó el origen etimológico de algunos elementos con definiciones como “*Su símbolo procede de su nombre latino, ferrum*” (definición 36) o “*Símbolo del elemento actínido cuyo nombre homenajea a uno de los científicos más importantes del siglo XX*” (definición 28). De igual forma se incluyeron algunas propiedades físicas o químicas, tales como la sublimación del yodo (“*Este elemento sublima fácilmente*”, para la definición 25), el magnetismo del hierro, la radioactividad del uranio o las propiedades de algunos elementos radioactivos (“*Los elementos a partir del neptunio tienen un tiempo de media muy corto*”, para la definición 63), la utilidad de algún isótopo (“*El isótopo del hidrógeno con un neutrón se utiliza para la fusión nuclear*”, para la definición 46), etc. Además se puede hacer referencia a su abundancia en la naturaleza (“*Es el elemento más abundante en la materia orgánica*”, en la definición 47), a su forma de obtención (“*Si hacemos la electrolisis de la sal común, se obtiene este gas*”, para la definición 3) o a alguna sustancia que lo contenga (“*La leche tiene este metal*”, para la definición 14).

Antes de la resolución de este autodefinido, el alumnado ha estudiado las propiedades generales y específicas de la materia, y es capaz de asociar algunas propiedades a los materiales que las poseen.

Etapas 3. Composición de un átomo

El átomo se trabajó con un tercer grupo de alumnos de 3º ESO. En esta ocasión, las definiciones se orien-

taron bien hacia sus partículas constituyentes (protón en la definición 57, o electrón en la definición 81), la ubicación de dichas partículas dentro del átomo, en el núcleo, la nube electrónica o una determinada capa de valencia, en las definiciones 55, 65 y 66, respectivamente, o bien, hacia alguna característica importante de algún modelo atómico (Rutherford, en la definición 13).

La composición atómica se ha introducido con definiciones relacionadas con el número de partículas que contiene el átomo (protones, electrones, neutrones) o con alguno de los números que identifican a los átomos (su representación, su número atómico Z , su número másico A o su masa atómica, cuya unidad el una se encuentra en la definición 75). En este caso, se pueden presentar definiciones como las que siguen: “Elemento con 10 neutrones con $A = 19$ ” (definición 1), “Símbolo del elemento con $Z = 83$ ” (definición 5), “Átomo neutro del elemento con tres electrones” (definición 7) o “La representación de este semimetal es $^{121}_{51}X$ ” (definición 24).

En esta etapa, el estudiante ha dispuesto de la tabla periódica de los elementos para extraer la información que se le pide, ya que el objetivo de estos ejercicios es familiarizarse con los elementos químicos y sus características, evitando el aprendizaje memorístico de una gran cantidad de información como los datos de números atómicos, números de masa y otros de uso no frecuente. En el momento de resolver este pasatiempo, el estudiante conoce el concepto de átomo y su constitución, las diferentes teorías y modelos atómicos (Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr y mecánica cuántica) y los nombres y símbolos de los elementos químicos. Asimismo, con la ayuda de la tabla periódica es capaz de extraer para un elemento dado la información relativa al número atómico, número másico, masa atómica, y las partículas constituyentes (protón, electrón y neutrón).

Etapas 4. Información que proporciona la tabla periódica

Debido a su mayor dificultad, a partir de la cuarta etapa, el alumnado que resuelve el autodefinido pertenece a 4° ESO. El objetivo de esta etapa es emplear y conocer toda la información que se puede extraer de la tabla periódica, tales como la ubicación del elemento en periodos y grupos (“Este elemento se encuentra en el periodo cuarto y en el grupo 6”, en la definición 33), los nombres de los grupos característicos (“Gas noble del periodo tres”, para la definición 40), el carácter metálico, no metálico o semimetálico del

elemento, el estado de agregación en que se encuentra a temperatura ambiente, la distribución electrónica en capas (“Este elemento tiene dos electrones en la primera capa y seis electrones en la segunda”, para la definición 35), etc.

Como en la fase anterior, el alumno se ayuda de la tabla periódica para resolver el pasatiempo. Debido a que esta etapa se desarrolla en 4° ESO, el estudiante conoce todos los contenidos descritos en las tres etapas anteriores.

Etapas 5. Formulación química

Este autodefinido también se ha enfocado hacia la enseñanza aprendizaje de las valencias de los elementos, la nomenclatura y la formulación química de los compuestos, como se muestra con estos ejemplos: “Símbolo del elemento presente en estas dos sales: sal común y carbonato de sodio” (definición 20), “El cloruro de sodio lo es” (definición 50), “Al revés, óxido de nitrógeno (II)” (definición 59), “Compuesto formado por hidrógeno y oxígeno” (definición 61), “En NaF actúa con valencia -1 ” (definición 1), “Al revés, símbolo del elemento que en CoSeO_2 actúa con valencia $+2$ y en Co_2Se_3 actúa con valencia $+3$ ” (definición 2) o “Forma un ácido hidrácido de tipo HX ” (definición 3).

El alumnado de 4° ESO que desarrolla esta etapa conoce las valencias de los principales elementos químicos y las normas IUPAC de la formulación química.

Etapas 6. Cálculos químicos

En la sexta etapa de la experiencia se presentaron las definiciones de forma que el alumno tuviera que realizar pequeños cálculos químicos de diversa naturaleza. En el momento del proceso de enseñanza aprendizaje en que se desarrolla esta etapa, el estudiante es capaz de resolver problemas sencillos basados en cálculos químicos con la cantidad de sustancia, algunas leyes fundamentales de la química (Lavoisier, Proust), el número de Avogadro o la ecuación de los gases ideales. Asimismo, el alumno conoce la formulación química y sabe balancear una ecuación química. A continuación se exponen algunos ejemplos del tipo de definiciones presentadas en esta fase:

— *Cálculo de la cantidad de sustancia, la masa o el número de moléculas.* En primer lugar, dichos cálculos se relacionaron con la cantidad de sustancia en todas sus variantes, a partir de la masa, de moléculas, etc., como se indica en estos ejemplos: “La masa de un mol de átomos este elemento es

167.30 gramos” (definición 27), “Cincuenta gramos de este elemento producen 1.614 moles” (definición 39), “La masa de un átomo de este elemento es 1.793×10^{-23} gramos” (definición 41), “La masa molecular de su óxido XO_2 es 79.9 uma” (definición 60), “En un mol de dióxido de carbono hay el número de Avogadro de átomos de este elemento” (definición 47), etcétera.

- *Cálculo de la composición centesimal de un compuesto.* Por otro lado, los cálculos químicos se introdujeron a partir de los datos de composición centesimal de un compuesto, por ejemplo: “Es el elemento de la sal bromuro de cobre (I) que tiene por composición centesimal 44.3%” para la definición 8.
- *Cálculos en disoluciones.* La realización de pequeños cálculos en disolución acuosa también han permitido ofrecer definiciones del tipo “Es el elemento X de la sal XCl con la que se ha preparado un litro de una disolución 1 M partiendo de 58.45 g de sal” (definición 10).
- *Balanceo de ecuaciones químicas y cálculos estequiométricos.* Además se ha logrado el aprendizaje del balanceo de ecuaciones químicas, así como de cálculos estequiométricos sencillos realizados a partir de ellas, como se indica en el ejemplo: “Símbolo del reactivo que en la reacción de formación del amoníaco a partir de sus elementos tiene por coeficiente uno, cuando está balanceada”, para la definición 31.
- *Cálculos con la ecuación de los gases ideales.* Por último, se ha trabajado la ecuación de los gases ideales, de esta forma: “1.63 g de este gas supuesto ideal están en un recipiente de un litro a una atmósfera y 298 K”, para la definición 40, o “Símbolo del isótopo con un neutrón más que el gas ideal que tiene una masa de 0.4 g y ocupa un volumen de 4.48 litros a $0^\circ C$ y 1 atm”, en la definición 46.

Etapas 7. Empleo de todos los conceptos descritos en las etapas anteriores

Por último, se eligió un grupo de estudiantes de 4° ESO que había estudiado todos los contenidos químicos descritos en las seis etapas anteriores, para resolver un autodefinido que incluía definiciones correspondientes a todos los bloques de contenidos trabajados en las etapas previas. Las definiciones correspondientes a este pasatiempo son las que se presentan en el anexo.

En todos los casos, el autodefinido se ha completado usando otros términos, entre los que se encuentran, Luis, que se puede relacionar con De Broglie (definición 69), roca como sinónimo de mineral (definición 29), ron, la bebida de los piratas

(definición 6), la interjección ay (definición 15), el artículo neutro lo (definición 18), y ase o poner algo a asar (definición 64).

Normas para elaborar autodefinidos didácticos

Finalmente, se indican algunas normas para la elaboración de este recurso. En primer lugar, el docente debe elegir previamente una serie de conceptos científicos que le permitan trabajar los contenidos que pretende repasar, evaluar o consolidar en la actividad. En el caso expuesto, donde se quería trabajar la unidad “El átomo y los cambios químicos”, se seleccionaron conceptos químicos relacionados con la composición del átomo (núcleo, electrón, etc.), así como los nombres y símbolos de varios elementos químicos, ya que abren un amplio abanico de posibilidades para tratar un gran número de contenidos, como se ha mostrado.

El siguiente paso, quizás el más laborioso, consiste en construir la plantilla del autodefinido enlazando dichas palabras en filas y columnas con los mínimos espacios posibles. Se recomienda realizar esta fase de forma manual en un ordenador ya que permite visualizar todas las opciones posibles. Construida la plantilla, el profesor elabora las definiciones que corresponden a cada concepto en función de los contenidos que desee trabajar y de las características de su alumnado. Así, por ejemplo si una de las palabras del autodefinido es *hidrógeno*, el estudiante podría deducirla de varias formas. Por un lado, a partir de una definición sencilla que aporte alguna de sus propiedades (símbolo químico, número atómico, número másico, número de partículas constituyentes, etc.), recomendable para un pasatiempo de dificultad sencilla a nivel de 3° ESO. En este caso, la definición podría ser “Elemento con un protón y un electrón”. Por otra parte, a partir de un pequeño enunciado que implique cálculos químicos cuantitativos (cantidad de sustancia, bien en una disolución o en un gas ideal, balanceo de una ecuación química, cálculos estequiométricos, formulación química, etc.), adecuado para estudiantes con un nivel más avanzado (4° ESO). En este caso, una posible definición podría ser “Gas que en condiciones normales tiene una densidad de 0.089 g/L”, la cual supondría el cálculo de la masa molecular del hidrógeno una vez transformada la ecuación de los gases ideales en función de la densidad.

Por último, la tabla 3 puede ayudar al lector a identificar las posibilidades del recurso, al reunir los planteamientos de las diferentes definiciones aplica-

Tabla 3. Diferentes definiciones utilizadas en cada etapa para identificar el elemento flúor (ítem 1).

Etapas de la experiencia	Definición para flúor
1) Nombres y símbolos de los elementos	Nombre del elemento cuyo símbolo es F.
2) Propiedades características de algunos elementos	Elemento gaseoso a temperatura ambiente. Es el elemento más electronegativo y reactivo de la tabla periódica, y forma compuestos con prácticamente todos los elementos.
3) Composición de un átomo	La distribución electrónica de este átomo es $1s^2 2s^2 2p^5$.
4) Información que proporciona la tabla periódica	Elemento halógeno del segundo periodo.
5) Formulación química	En NaF actúa con valencia -1
6) Cálculos químicos	La masa de un mol de átomos de este elemento es 18.99 gramos.
7) Empleo de todos los conceptos	Elemento con 10 neutrones con $A = 19$.

das por nivel de complejidad al ítem 1 (flúor) del crucigrama.

Evaluación del recurso

Para evaluar la utilidad de este recurso didáctico se ha analizado el porcentaje de alumnos que es capaz de resolver de forma completa cada autodefinido en el tiempo de duración de una clase, una hora. Se observa que estos porcentajes disminuyen al ir avanzando en el nivel de dificultad de cada etapa. Así, la casi totalidad de alumnos resuelven en dicho tiempo el pasatiempo de las cuatro primeras etapas, mientras que los porcentajes correspondientes a las etapas 5, 6 y 7, se encuentran en torno a un 90%, 82% y 75%, respectivamente.

Existen varias razones que explican por qué el 18% de los alumnos no completa el autodefinido de la etapa 6 sobre cálculos químicos. Por un lado, se trata de la etapa más laboriosa, que supone resolver un gran número de cálculos químicos en poco tiempo, mientras que por otro lado, se ha observado que varios alumnos han perdido mucho tiempo en problemas puntuales, lo que les ha supuesto falta de tiempo para poder acabarlos todos. De igual forma, el hecho de que sólo el 75% de los estudiantes culminen la última etapa no significa que este recurso no sea positivo para el 25% del alumnado. De nuevo, se debe a una mala distribución del tiempo por parte del estudiante, que al no dominar bien el gran número de conceptos que integran la unidad didáctica “El átomo y los cambios químicos”, no identifica de manera rápida el concepto que se pide y, por tanto, no le da tiempo a acabar el pasatiempo.

Conclusiones

A través de los contenidos que componen la unidad didáctica “El átomo y los cambios químicos” del programa de la asignatura de Física y Química de

3º y 4º ESO, se ha presentado el *autodefinido científico* como la aplicación de una estrategia que favorece y refuerza el aprendizaje de la Química a nivel de educación secundaria.

De la experiencia realizada con los estudiantes haciendo uso de este recurso, se concluyen las siguientes ventajas:

- Por una parte, las seis primeras etapas de la experiencia han permitido la enseñanza aprendizaje, de una forma independiente y con un gran número de ejemplos, los conocimientos de los bloques de conceptos descritos en cada una de las fases. Por otra parte, la última etapa ha trabajado, en una única actividad, todos los bloques de contenidos anteriores que engloban la unidad “El átomo y los cambios químicos”, lo cual no es habitual encontrar en los libros de texto. Se considera, por tanto, un recurso didáctico útil para repasar, sintetizar, evaluar o consolidar conceptos.
- Ha permitido interconectar conceptos de diferentes unidades.
- Se puede presentar con diferentes grados de dificultad, lo que permite al docente adaptarlo al nivel de su alumnado.
- No sólo permite dominar el significado de los conceptos, sino también trabajar problemas numéricos sencillos que impliquen las principales leyes de la química.
- Las asociaciones del término con su definición facilitan el aprendizaje memorístico de algunos conceptos, como los nombres y símbolos químicos, mientras que los cálculos cuantitativos desarrollan el razonamiento deductivo y lógico, y contribuyen al aprendizaje significativo.
- Al tratarse de una actividad poco usual para el alumnado aumenta el grado de motivación e interés, especialmente si se presenta el pasatiempo a tamaño gigante.

- El recurso ha ayudado a los estudiantes a aprender instrucciones, así como a mejorar su comprensión lectora, su habilidad para establecer relaciones, su concentración, su vocabulario y su pensamiento crítico.

Se recomienda integrar este recurso en el proceso de enseñanza aprendizaje como actividad final de la unidad que estemos trabajando, ya que es el momento en el que el estudiante dispone de todos los conocimientos necesarios para resolverla con éxito, permitiendo así repasar todos los contenidos, y darse cuenta de aquellos conceptos que no domina adecuadamente. Además, el docente puede utilizarla para evaluar contenidos.

La comparación de los resultados académicos de todos los bloques de contenidos que comprenden el programa de la asignatura de Física y Química de 3º ESO ("Introducción al método científico"; "Estructura y diversidad de la materia"; "El átomo y los cambios químicos"; "Energía y electricidad") y de 4º ESO ("Fuerzas y movimiento"; "Energía, trabajo y calor"; "El átomo y los cambios químicos"), muestra que estos alumnos han obtenido mejores calificaciones en el bloque "El átomo y los cambios químicos", en el que se encuentran los contenidos que se han empleado en esta actividad. Desde nuestro punto de vista, creemos que la utilización de este pasatiempo en esta unidad, la única en la que se ha empleado este recurso, ha contribuido de forma positiva a la mejora de dichos resultados, lo que pone de manifiesto que este recurso didáctico que incentiva el aprendizaje lúdico, ayuda a motivar al alumnado y a desarrollar su pensamiento lógico. En definitiva, los excelentes resultados obtenidos durante los años en que se ha empleado este pasatiempo en la asignatura de Física y Química, me ponen en disposición de animar al profesorado a que lo utilice en su labor docente. ▀

Referencias

- Anaya Durand, A., Aprendiendo Ingeniería Química diseñando crucigramas, una experiencia didáctica (III), *Educación Química*, **15**(1), 84-87, 2004a.
- Anaya Durand, A., Aprendiendo Ingeniería Química diseñando crucigramas, *Educación Química*, **15**(3), 312, 2004b.
- Anaya Durand, A., Aprendiendo Ingeniería Química diseñando crucigramas, una experiencia didáctica (V), *Educación Química*, **15**(4), 379-380, 2004c.
- Cintas Serrano, R., Actividades de enseñanza y libros de texto, *Investigación en la Escuela*, **40**, 97-106, 2000.
- Corbalán, F., Juegos de estrategia en la enseñanza secundaria, *Uno: Revista de didáctica de las matemáticas*, **18** (ejemplar dedicado a: Juegos y matemáticas), 59-72, 1998.
- Dodge, B., Webquest Taskonomy: A taxonomy of tasks, 1999. En línea en: <http://webquest.sdsu.edu/taskonomy.html> (Consulta: 28/06/2007).
- Eilks, I., Experiencias and reflections about Teaching Atomic Structure in a Jigsaw Classroom in Cogor Secondary School Chemistry Lessons, *J. Chem. Educ.*, **82**, 313, 2005.
- Ferrero, L., ¡Hagan juego! Juegos matemáticos para la educación primaria, *Uno: Revista de didáctica de las matemáticas*, **18** (ejemplar dedicado a: Juegos y matemáticas), 47-58, 1998.
- Franco Mariscal, A. J., ¿Se puede aprender algo de física por un euro?, *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, **46**, 108-121, 2005a.
- Franco Mariscal, A. J., Como muestra un botón: Un ejemplo de trabajo práctico en el área de Ciencias de la Naturaleza en el segundo curso de Educación Secundaria Obligatoria, *Enseñanza de las Ciencias*, **23**(2), 275-292, 2005b.
- Franco Mariscal, A. J., Elemental, ¡ganemos el Mundial!, *Aula de Innovación Educativa*, **156**, 87-96, 2006a.
- Franco Mariscal, A. J., La búsqueda de los elementos en secundaria, *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, **51**, 98-105, 2007.
- Franco Mariscal, A. J., La lotería de átomos, *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, **50**, 116-122, 2006b.
- Franco Mariscal, A. J., La física de Don Quijote, *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, **49**, 114-123, 2006c.
- Franco Mariscal, A. J.; Franco Mariscal, R., Para realizar una investigación basta con un botón, *Investigación en la Escuela*, **60**, 93-104, 2006.
- Hernández Millán, G., Jugando con símbolos, *Educación Química*, **17**(2), 187-188, 2006.
- Jiménez Jiménez, J. y Criado García-Legaz, A., Análisis de las actividades sobre la Historia de la Química en los libros de Física y Química del segundo ciclo de la ESO, *Enseñanza de las Ciencias*, número extra VII Congreso, 1-6, 2005.
- Jacquet, J. y Casulleras, S., *40 juegos para practicar la lengua española*, Graó, Barcelona, España, 2004.
- Ortí, J., Los juegos tradicionales: Aplicación en el área de la educación física en el sistema educativo actual, *Tándem, Didáctica de la Educación Física*, **10**, 31-40, 2003.
- Ministerio de Educación y Ciencia, *Proyecto Curricular de Educación Primaria*, Cajas Rojas, MEC, Madrid, España, 1992.
- Sanmartí, N., "El diseño de unidades didácticas", en Perales, F. J., Cañal, P., *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Ed. Marfil, Alcoy, España, 2000.
- Sosa Fernández, P., Un banco muy especial, *Educación Química*, **8**(2), 1997.
- Storms, G., *101 juegos musicales: divertirse y aprender con ritmos y canciones*, Graó, Barcelona, España, 2003.
- Tubert, I., Crucigrama elemental, *Educación Química*, **9**(6), 1998.
- Vilà, M. y Badia, D., *Juegos de expresión oral y escrita*, Graó, Barcelona, España, 1992.
- Vincentelli, H., El libro-texto único: Análisis del propósito de las preguntas como estrategia estimuladora del aprendizaje, *Rev. Ped.*, **24**(69), 77-99, 2003.

ANEXO

Autodefinido resuelto para la unidad “El átomo y los cambios químicos”

Resuelve el pasatiempo con ayuda de las siguientes definiciones, colocando en cada casilla una letra:

- 1) Elemento con 10 neutrones con $A = 19$.
- 2) Al revés, símbolo del elemento que en CoSeO_2 actúa con valencia +2 y en Co_2Se_3 actúa con valencia +3.
- 3) Si hacemos la electrolisis de la sal común, se obtiene este gas.
- 4) Al revés, monóxido de carbono.
- 5) Símbolo del elemento con $Z = 83$.
- 6) Bebida de los piratas.
- 7) Átomo neutro del elemento con tres electrones.
- 8) Es el elemento de la sal bromuro de cobre (I) que tiene por composición centesimal 44.3%.
- 9) Segundo elemento del grupo 13.
- 10) Es el elemento X de la sal XCl con la que se ha preparado un litro de una disolución 1 M partiendo de 58.45 g de sal.
- 11) Elemento radiactivo utilizado habitualmente como combustible nuclear.
- 12) Elemento con 30 protones.
- 13) Este científico bombardeó con partículas alfa una finísima lámina de oro para conocer la composición interna de los átomos.
- 14) La leche tiene este metal.
- 15) Interjección.
- 16) Átomo neutro del elemento con 33 electrones.
- 17) Símbolo del elemento con $Z = 40$.
- 18) Artículo neutro.
- 19) De los cuatro elementos considerados fundamentales por los griegos, éste es el elemento menos noble y está en el centro.
- 20) Símbolo del elemento presente en estas dos sales, sal común y carbonato de sodio.
- 21) Elemento perteneciente al grupo del hierro en el quinto periodo.
- 22) Átomo neutro de masa atómica 196.96 uma.
- 23) Primer metal de transición del quinto periodo.
- 24) La representación de este semimetal es ${}_{51}^{121}\text{X}$.
- 25) Este elemento sublima fácilmente.
- 26) Elemento halógeno con mayor masa atómica que el bromo pero menor masa atómica que el astato.
- 27) La masa de un mol de átomos de este elemento es 167.30 gramos.
- 28) Símbolo del elemento actínido cuyo nombre homenajea a uno de los científicos más importantes del siglo XX.
- 29) Mineral.
- 30) Al revés, símbolo del átomo neutro con un protón más que el arsénico.
- 31) Símbolo del reactivo que en la reacción de formación del amoníaco a partir de sus elementos tiene por coeficiente uno, cuando está balanceada.
- 32) La masa de un mol de átomos de este elemento es 178.49 gramos.
- 33) Este elemento se encuentra en el periodo cuarto y en el grupo 6.
- 34) Átomo con 49 protones.
- 35) Este elemento tiene dos electrones en la primera capa y seis electrones en la segunda.
- 36) Su símbolo procede de su nombre latino, ferrum.
- 37) Elemento metálico neutro con $A = 103$.
- 38) Elemento del grupo 13 que se encuentra en estado líquido a temperatura ambiente.
- 39) Cincuenta gramos de este elemento producen 1.614 moles.
- 40) 1.63 g de este gas supuesto ideal están en un recipiente de un litro a una atmósfera y 298 K.
- 41) La masa de un átomo de este elemento es 1.793×10^{-23} gramos.
- 42) Primer elemento lantánido.
- 43) Gas inodoro, incoloro, inflamable y altamente tóxico que se produce cuando se queman materiales combustibles como gasolina, carbón, petróleo o madera en ambientes de poco oxígeno.
- 44) Elemento alcalinotérreo de menor masa atómica.
- 45) Elemento del segundo periodo con tres electrones en la capa de valencia.
- 46) El isótopo del hidrógeno con un neutrón se utiliza para la fusión nuclear.
- 47) En un mol de dióxido de carbono hay el número de Avogadro de átomos de este elemento.
- 48) Símbolo químico del gas noble con mayor masa atómica.
- 49) Símbolo químico del elemento titanio.
- 50) El cloruro de sodio lo es.
- 51) En SiCl_4 actúa con valencia +4.
- 52) Preposición.
- 53) Elemento que actúa en P_2O_3 con valencia +3 y en P_2O_5 con valencia +5.
- 54) Elemento metálico con número atómico 77.
- 55) Parte del átomo donde se ubican los protones y los neutrones.
- 56) Elemento gaseoso mayoritario en el aire.
- 57) Partícula atómica del núcleo con carga eléctrica positiva.
- 58) Átomo que ha ganado electrones.
- 59) Al revés, óxido de nitrógeno (II).
- 60) La masa molecular de su óxido XO_2 es 79.9 umas.
- 61) Elemento básico considerado por los griegos que se sitúa por encima del elemento tierra, pero por debajo del elemento aire.
- 62) Elemento lantánido neutro con la capa de electrones f completa.
- 63) Los elementos a partir del neptunio tienen un tiempo de ___ media muy corto.
- 64) Poner algo a asar.
- 65) Sinónimo de nube electrónica o electrones periféricos.
- 66) Nombre de cada una de las capas donde se encuentran los electrones periféricos.
- 67) Metal de transición neutro del periodo cuarto con la capa de electrones d completa.
- 68) Alcalinotérreo del tercer periodo.
- 69) Nombre del científico De Broglie que estudió la dualidad onda corpúsculo.
- 70) En un mol de óxido de manganeso (VII) hay el doble del número de Avogadro de átomos de este elemento.
- 71) Elemento alcalino del periodo 2.
- 72) Átomo neutro con 77 electrones.
- 73) Elemento X del compuesto XO_3 de masa atómica 100 uma.
- 74) Elemento lantánido cuyo nombre es un homenaje al continente Europa.
- 75) Al revés, unidad de masa atómica.
- 76) Químico ruso que elaboró la tabla periódica de los elementos.
- 77) En Ga_2O_3 actúa con valencia +3.
- 78) Elemento artificial y neutro con 102 electrones.
- 79) Elemento neutro con configuración electrónica $[\text{Kr}] 4d^{10} 5s^2 5p^5$.
- 80) Metal de transición con $Z = 44$.
- 81) Partícula atómica con carga eléctrica negativa.
- 82) Símbolo químico del elemento vanadio.

1 ▼ F				2 ▼		3 ▼	4 ▼	5 ▼	6 ▼			
7 ▶ L	I	T	I	O	8 ▶ ▼	C	O	B	R	E		10 ▼
U	11 ▶	12 ▼	14 ▶ 13 ▼	C	A	L	C	I	O	16 ▶ 15 ▼	A	S
O	17 ▶	Z	R	18 ▶	L	O		20 ▶ 19 ▼	N	A		O
R		I	U		U	R	21 ▶	T	23 ▶ 22 ▼	Y		D
24 ▶	A	N	T	I	M	O	N	I	O		25 ▼	I
		C	H	26 ▶ ▲	I		27 ▶	E	R	B	I	O
28 ▶ E	S	29 ▼	E	31 ▶ 30 ▼	N	33 ▶ 32 ▼	C	R	O	M	O	34 ▼
35 ▼	O	R	R	E	I	H	36 ▶	R	37 ▼	38 ▼	D	I
O	R	O	F	S	O	F	39 ▶ 40 ▶ 41 ▼	A	R	G	O	N
	43 ▶ 42 ▼	C	O	44 ▼		45 ▶	B		O	A	46 ▶	D
47 ▶	C	A	R	B	O	N	O		D	49 ▶ 48 ▼	T	I
50 ▼	E	52 ▶ 51 ▼	D	E	53 ▼	O	R	54 ▶	I	R		O
S	55 ▼	S		57 ▶ 56 ▼	P	R	O	T	O	N		
58 ▶ A	N	I	O	N		T	59 ▼		60 ▼		N	61 ▼
62 ▶ L	U		63 ▼	64 ▼	65 ▶	C	O	R	T	E	Z	A
	C	66 ▶	V	A	L	E	N	C	I	A	67 ▶ 68 ▼	G
69 ▶ 70 ▼	L	U	I	S	71 ▼	L	72 ▼	73 ▶ 74 ▼	75 ▶	A	M	U
76 ▶ M	E	N	D	E	L	E	I	E	V	77 ▶	G	A
78 ▶ N	O		A	79 ▶	I	81 ▶ 80 ▲	R	U	82 ▶			