

Una revisión bibliográfica sobre el papel de los juegos didácticos en el estudio de los elementos químicos. Segunda parte: los juegos al servicio de la comprensión y uso de la tabla periódica

Antonio Joaquín Franco-Mariscal,¹ José María Oliva-Martínez² y Serafín Bernal-Márquez³

ABSTRACT (A literature review on the role of educational games in the study of the chemical elements. Second part: the games in the service of understanding and use of the periodic table)

This is the second part of a broader investigation dedicated to review the background in the literature about the role of educational games in teaching and learning in the topic of chemical elements and periodic classification. The first part analyzed those proposals aimed to the familiarization of the students with the Periodic Table, through the memorization of the names and their corresponding symbols ("the games in the service of the knowledge of the Periodic Table"). In its second part, we review studies that emphasize on helping students to conceptualize, understand and apply even some aspects in depth related to this subject ("the games in the service of understanding of the Periodic Table").

KEYWORDS: review of literature, educational game, chemical elements, Periodic Table

Introducción

El presente artículo constituye la continuación de un trabajo anterior (Franco, Oliva y Bernal, 2012) destinado a revisar en la literatura el papel de los juegos en propuestas didácticas orientadas a la enseñanza-aprendizaje en el ámbito de los elementos químicos y su clasificación periódica. En aquella ocasión el centro de atención se colocó en estudios orientados a familiarizar a los alumnos con la estructura de la Tabla Periódica, aportando instrumentos que faciliten la memorización de los nombres y símbolos de los elementos y la posición que cada uno ocupa en el conjunto ("los juegos al servicio del conocimiento de la Tabla Periódica"). En esta otra ocasión, situamos la atención en aquellos otros estudios orientados a la conceptualización, comprensión e incluso el uso de la Tabla Periódica ("los juegos al servicio de su comprensión").

Como ya señalamos en la primera parte del estudio, los juegos son considerados hoy como una herramienta lúdica con gran potencial para atraer la atención del alumnado, fomentar su motivación y favorecer su implicación en el proceso de aprendizaje (Yager, 1991; Orlik, 2002). En resumidas cuentas, y basándonos en las aportaciones de autores como

Bruner (1986), Piaget (1979) o Vygotsky (1982), entre otros muchos, el juego constituye un elemento importante para el desarrollo de niños y adolescentes tanto desde un punto de vista cognitivo como afectivo. De ahí que quepa esperar que los juegos puedan constituir un recurso de interés no sólo en los primeros acercamientos y en la familiarización con la Tabla Periódica actual, sino también para ayudar al alumnado en facetas relacionadas con la comprensión de la misma, su uso y aplicación, o su propia naturaleza. Así, en la literatura se han descrito una serie de recursos didácticos que persiguen propósitos que van más allá de la memorización de los nombres y símbolos químicos, orientando su función hacia el aprendizaje comprensivo de los alumnos. En función de los objetivos planteados, podemos clasificar este tipo de propuestas lúdicas en los siguientes cinco grupos:

1. Propuestas en torno a la etimología de los elementos químicos y a la presencia de los mismos en el entorno.
2. Propuestas en torno a las propiedades físicas y químicas macroscópicas de los elementos.
3. Propuestas en torno a los distintos modelos de átomo y las propiedades atómicas.
4. Propuestas en torno a la idea de periodicidad y los distintos intentos de clasificación de los elementos químicos a lo largo de la historia.
5. Otras propuestas

Propuestas en torno a la etimología de los elementos químicos y a la presencia de los mismos en el entorno

Como complemento del proceso de aprendizaje de la Tabla Periódica (nombre, símbolos, lugar que ocupan), a lo que

¹ IES Juan Ramón Jiménez. Málaga (Spain).

Correo electrónico: antoniojoaquin.franco@uca.es

² Departamento de Didáctica. Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Cádiz. Cádiz (Spain).

³ Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica. Universidad de Cádiz. Cádiz (Spain).

Fecha de recepción: 27 enero de 2012.

Fecha aceptación: 28 abril de 2012.

dedicamos atención en la primera parte del trabajo, y como una forma también de generar actitudes positivas hacia dicho aprendizaje, encontramos la necesidad de proporcionar cierta familiaridad a los alumnos con los elementos químicos correspondientes. Ello es posible, por ejemplo, a través de un conocimiento sobre el origen etimológico de los nombres de los elementos, o de la presencia y abundancia de los mismos en el entorno. En este sentido, los juegos didácticos pueden suponer una ayuda importante, como lo muestran algunos artículos publicados al respecto.

Ejemplos del primer tipo de estos trabajos, poco extendidos por cierto, lo encontramos en Linares (2009) y en Franco (2007a). En el caso de la experiencia de Linares (2009) se propone un enfoque holista y transversal de la Tabla Periódica, haciendo uso de una serie de recursos lúdicos para adquirir el aprendizaje de los elementos químicos, su comportamiento y sus propiedades. Con tal fin, los alumnos cuentan historias sobre los elementos, hacen poemas, demuestran experiencias, muestran vídeos o animés que en la actualidad recrean las distintas mitologías, se disfrazan de los distintos personajes para contar su historia, etc. Por su parte, el recurso de Franco (2007a) basado en un texto del Quijote, propone averiguar el nombre de los elementos químicos a partir de su procedencia, de la misma forma que Don Quijote puso nombre a su caballo, a su doncella y a él mismo.

Otros recursos se basan en representaciones o iconos para mostrar a los estudiantes dónde se encuentran los elementos químicos en su entorno inmediato. Entre ellas, destaca la *Tabla Periódica de los elefantes* (Connors, 2009) diseñada por los estudiantes de Patapsco High School y Center for the Arts, y posteriormente adquirida por la American Chemical Society para su comercialización como carteles y camisetas. En ella, un elefante muestra dónde podemos encontrar cada elemento. Así, a modo de ejemplo, el icono para el hidrógeno consiste en un elefante en el Sol. En esta línea de propuestas, Franco (2007b) propuso a sus alumnos realizar dibujos en entornos familiares (la casa, la escuela, la calle,...) con idea de identificar en ellos los diferentes elementos químicos.

Por otro lado, la abundancia de los elementos se puede también utilizar para identificarlos en la vida cotidiana. En este sentido, la propuesta de Carrado (1993) consiste en trabajar con los alumnos una Tabla Periódica modificada en la que las "cajas" de cada uno de los elementos poseen diferente tamaño en función de su abundancia relativa en la corteza terrestre. A partir de esta tabla se establece con los estudiantes un juego de preguntas y respuestas con idea de relacionar la abundancia del elemento con su presencia en el entorno, intentando así dar una explicación a por qué algunos elementos presentan unas "cajas" de mayor tamaño que el resto.

Propuestas en torno a las propiedades físicas y químicas de los elementos

Una parte esencial de la comprensión de la Tabla Periódica estriba en interiorizar su esencia, como instrumento que permite representar de forma sistemática el comportamiento de

los elementos, por lo que parece razonable familiarizar a los alumnos con algunas de las propiedades características más importantes que sirven de base a dicha sistematización. De ahí que no sea extraño que una parte importante de las preocupaciones del profesorado haya ido en esta dirección. Así, de entre los recursos que intentan mostrar al alumno las propiedades físicas y químicas macroscópicas de los elementos, destacan el uso de pequeñas adivinanzas, ejercicios de asociación, autodefinidos, textos literarios, cuentos o poemas, el cine, o fuentes en línea interactivas.

En este contexto, Eckey (1994), Denny *et al.* (2000) o Cunningham (2005) propusieron diferentes adivinanzas basadas en las propiedades más significativas de los elementos químicos más importantes. Feinstein (1982), por su parte, propuso trabajar las propiedades de los elementos a través de una tarea en la que el estudiante debía asociar cada propiedad con el elemento correspondiente. De una forma parecida, en el juego de Armitage (1979), los alumnos tienen una lista de elementos y otra de propiedades, con la finalidad de relacionar elementos con propiedades.

Por otro lado, al objeto de sustentar el trabajo del profesorado que iniciaba la Reforma de la LOGSE en España, el Grupo Blas Cabrera Felipe (Fernández *et al.*, 1985) propuso la introducción de materiales innovadores en distintas unidades didácticas desde una orientación próxima a esta perspectiva. De esta forma, para la unidad didáctica *La ordenación de algunos elementos químicos*, planteó un autodefinido basado en las propiedades físicas y químicas de los elementos.

Por su parte, la propuesta de VanOrden (1988) combinó el humor con la literatura al proponer a sus alumnos que escribiesen una pequeña historia basada en la autobiografía de un elemento químico. El estudiante debía escribir este ensayo utilizando datos de las propiedades del elemento con sentido del humor, pero inventando a la vez algunas cosas. En esta línea de propuestas, Lakatos, Tiedemann y Porto (2007) plantearon enseñar las propiedades de los elementos químicos, a través de la lectura de las memorias del químico y escritor italiano Levi (1984).

Según varios autores, las propiedades químicas de los elementos también se pueden aprender a través de cuentos o poemas que los propios alumnos pueden representar en clase como una obra de teatro. Con este objetivo, Johnson (1970) propuso un poema para conocer la naturaleza y las propiedades de los átomos. Por otro lado, Farson (1925) planteó una historia en torno a la Cenicienta basada en la química de los grupos IA y IB, mientras que una versión adaptada de esta misma obra fue propuesta por Williams y Myers (1999). En este sentido, la antigüedad de la propuesta de Farson (1925), muestra cómo desde hace varias décadas algunos profesores de Química eran ya conscientes de la dificultad que encontraban los alumnos en el estudio de la Tabla Periódica, y de ahí su interés por enseñarla a través de otro tipo de recursos con un carácter más lúdico.

Por otra parte, Taarea y Thomas (2010) proponen a sus estudiantes analizar si el uso que ciertos cineastas dan a los

elementos químicos en los títulos de sus películas tiene alguna relación con la química. Así, a modo de ejemplo, en la película *The Calcium Kid* (2004), el personaje de Orlando Bloom afirma que consiguió fortalecer sus huesos debido a un consumo importante de leche, mientras que por el contrario, en el caso del thriller de Bruce Willis, *Mercury Rising* (2004), el mercurio no tiene ninguna relevancia química en el argumento de la película.

Respecto a las distintas fuentes interactivas que podemos encontrar en línea para trabajar este aspecto, destacan por su atractivo y utilidad para el alumnado las siguientes:

- *Web Elements Periodic Table*. Contiene amplia información sobre las propiedades de los elementos químicos.
- *Dynamic Periodic Table*. Es una Tabla Periódica interactiva con muchas opciones de búsqueda de información.
- *It's Elemental – The Periodic Table de Chem. Eng. News*. Muestra imágenes de los distintos elementos.
- *Periodic Spiral*. Se trata de un programa interactivo que permite que los alumnos exploren los elementos y su interacción.
- *Periodic Table Live!*. Contiene videos, estructuras cristalinas interactivas, un módulo de representación gráfica, así como información sobre los elementos, sus reacciones, sus propiedades, sus estructuras e historias. Según Slocum y Moore (2009) su visita resulta excitante para los alumnos.
- *A Visual Interpretation of the Periodic Table* de la Royal Society of Chemistry (UK). Integra la Ciencia y el simbolismo de los elementos, e incluye los paisajes periódicos, panoramas tridimensionales derivados de tendencias dentro de la Tabla Periódica.
- *Tabla Periódica digital* (Grau, Sanz y Soler, 2008). Esta última web, diseñada en castellano, incluye información sobre las propiedades de los elementos y los acerca al entorno del estudiante. En ella se puede consultar para cada elemento, una imagen del mineral que lo proporciona, así como los productos que utilizamos que lo contienen. Asimismo se puede acceder a información relativa a las características generales del elemento (nombre, símbolo, estado de agregación, año de descubrimiento), propiedades físicas (masa atómica, volumen atómico, densidad), propiedades térmicas (punto de fusión, punto de ebullición), o estructura electrónica (configuración electrónica, valencia).

Propuestas en torno a los distintos modelos de átomo y las propiedades atómicas

Este grupo recopila aquellos recursos encontrados sobre modelos atómicos, tema éste muy próximo al de la Tabla Periódica y que forma parte de él al constituir la base para interpretar su significado.

Dentro de este grupo se sitúa, por ejemplo, una propuesta interesante como la de medir de forma indirecta el tamaño de un objeto que no estamos viendo a simple vista, con idea de acercar al alumnado la dificultad que encontraron los científicos para conocer el tamaño o la forma de un átomo. De

esta forma, Pearson Education (2005) propone una experiencia macroscópica basada en el experimento de Rutherford en el que se sustituye el átomo por un objeto oculto, y las partículas alfa por canicas.

No obstante, para el estudio de los distintos modelos atómicos otros autores prefieren el uso de una WebQuest, que si bien no constituye un juego propiamente dicho, incorpora algunos de los ingredientes básicos que suelen acompañar a este tipo de actividad: carácter lúdico, presencia de unas reglas, planteamiento de un reto, etc. Por su contenido educativo, adecuado para el segundo ciclo de la etapa de secundaria obligatoria (15-16 años), destacan las WebQuests elaboradas por Lucena Cruz (2004), Deicy (2008), Gutiérrez Cuevas, y Vaca Hernández. En todas ellas se pueden trabajar los modelos atómicos de Dalton, Thomson y Rutherford, así como las partículas subatómicas. Algunas abordan incluso el modelo de Bohr, que no consideramos adecuado para esta etapa educativa.

Por otro lado, el empleo de simulaciones en la enseñanza de los modelos atómicos puede resultar también de interés. De esta forma, Vaquero (2007) propuso una simulación por ordenador del experimento de Rutherford. En ella, el alumno puede simular el experimento utilizando láminas de diferentes metales, así como cambiar la energía con la que lanza las partículas alfa.

Como se ha indicado, otros recursos centran su atención en las propiedades atómicas de los elementos. Entre ellos, encontramos aquellos que tienen por objetivo el cálculo de las partículas constituyentes de un átomo, y el consiguiente manejo del número atómico y número másico de los elementos. En esta línea, Franco (2006a) propuso el empleo del juego de la lotería tradicional en el aprendizaje del cálculo del número de protones, electrones y neutrones a partir de los números atómico y másico. En este juego los alumnos elaboran su propio cartón de elementos químicos correlacionando los números del cartón de bingo original con el número atómico del elemento correspondiente. Más recientemente, Franco *et al.* (2010) han diseñado un juego de bingo por ordenador con objetivos similares. En esta otra versión el cartón es una porción de la Tabla Periódica y las bolas extraídas se muestran a través de imágenes de sustancias que contienen a los elementos químicos.

Dentro de este grupo de propuestas encontramos también otras que utilizan conceptos más complejos relativos a las propiedades atómicas, tales como número cuántico, niveles de energía u orbitales, y que serían más adecuadas para Bachillerato. Pertenecen a este grupo el autodefinido propuesto por Beach (2008) sobre la naturaleza interna del átomo, y el juego de rol *Elementeo* diseñado por Samar (2008), un adolescente de 14 años. Este último juego está compuesto por 121 cartas donde cada una de ellas representa un elemento químico, y tiene como objetivo reducir a cero el número de electrones de su contrincante usando las propiedades de los elementos químicos.

Una propuesta curiosa es el análisis de la Tabla Periódica de Feynman y Tuva Trader, donde cada elemento está caracte-



Figura 1. Sello editado por Correos en 2007 sobre la Tabla Periódica.

rizado como un personaje de cómic, que interactúa con el resto de elementos mostrando sus propiedades químicas. Así, en la primera casilla el deuterio y el tritio discuten por quedarse con dicha ubicación de la Tabla, mientras el hidrógeno se encuentra ya fuera de la casilla porque lo han lanzado.

Propuestas en torno a la idea de periodicidad y a los intentos de clasificación de los elementos a lo largo de la historia

La dificultad que lleva asociado el concepto de periodicidad, probablemente sea la responsable de que diversos autores hayan propuesto diferentes estrategias y juegos en la enseñanza de esta idea en Secundaria. Destacan entre ellas, las propuestas de Goh y Chia (1989), Tejada y Palacios (1995), Palacios y Tejada (1997), Mondeja *et al.* (2001), Mabrouk (2003), Talanquer (2005), Pinto (2007), Sevcik *et al.* (2008) y Godoi *et al.* (2010). En este marco, Tejada y Palacios propusieron el juego de mesa *El bingo de los elementos químicos* (Tejada y Palacios, 1995; Palacios y Tejada, 1997) que permite a los estudiantes entender en forma activa el principio básico de la clasificación periódica, con base en la configuración electrónica de los átomos. A través de este juego el alumno puede establecer predicciones sobre familias, períodos, electrones de valencia, niveles energéticos, clasificación periódica y estados de oxidación.

Mondeja *et al.* (2001) diseñaron el juego de naipes *Solitario químico*, con el fin de conocer la estructura electrónica de los elementos representativos, tomando como base regularidades presentes en los grupos y períodos de la Tabla Periódica. La forma de juego es muy similar al solitario tradicional. Con este mismo objetivo, estos autores también han propuesto el juego de mesa *Periodicidad química* que se desarrolla en un tablero en el cual el estudiante debe construir los cuatro primeros períodos del Sistema Periódico a partir del primer elemento de cada uno de ellos y tomando como información la estructura electrónica.

Siguiendo con otra propuesta con naipes, recientemente, Godoi, Oliveira y Codognoto (2010) abordaron las propiedades periódicas en el aula de Secundaria a través de un juego de cartas basado en el juego comercial *Super Triunfo*. A través de este recurso, los alumnos pueden realizar comparaciones entre los distintos elementos y entender la posición de cada uno de ellos en la Tabla.

Por su parte, Talanquer (2005) propuso la construcción y sistematización de una Tabla Periódica en un mundo paralelo formado por 12 sustancias elementales con unas propiedades determinadas que no existen en la Tierra. Con ello, se pretende que el alumno identifique patrones comunes en las propiedades físicas y químicas de los elementos, y si es posible, infiera la correspondiente ley periódica. Por su complejidad, este juego es adecuado para estudiantes de Bachillerato o Universidad. No obstante, desde nuestro punto de vista, esta propuesta podría conducir al alumnado a pensar que los elementos químicos pueden ser diferentes en función del planeta en que nos encontremos, alejándolo así de la idea de universalidad de los elementos.

Otro recurso para trabajar la periodicidad fue propuesto por Pinto (2007), que diseñó una actividad basada en el sello editado por Correos el 2 de febrero de 2007 sobre la Tabla Periódica, en conmemoración del primer centenario de la muerte de Mendeleiev (Figura 1). El recurso consiste en identificar las distintas configuraciones de los elementos, y en definitiva, su periodicidad, a través de los distintos espacios de colores plasmados en el sello. Según Pinto (2007) también tiene sentido profundizar un poco en la Historia del Sistema Periódico a través de los huecos blancos que figuran en el sello, lo que por otro lado, permitirá además al alumno averiguar el número de elementos que posee cada familia y cada período.

Otra propuesta interesante es la planteada por Goth (1986) que propone un software para ayudar a los alumnos a entender mejor la idea de periodicidad.

Por otro lado, Mabrouk (2003) propuso aprender los patrones de periodicidad de las configuraciones electrónicas de los elementos de una forma lúdica usando la Tabla Periódica como un juego de mesa y caramelos como las piezas del juego. En la analogía propuesta por Mabrouk (2003) cada caramelo representa un electrón, que el alumno debe ir colocando sobre el tablero para construir la configuración electrónica de un determinado elemento.

En este uso de juegos que recurren a analogías, Goh y Chia (1989), primero, y Oliva (2010), más tarde, proponen la analogía entre un calendario y la Tabla Periódica como recurso para construir la idea de periodicidad en las propiedades y analizar la esencia de lo que es la clasificación periódica de los elementos. Dicha analogía sitúa al alumno en un contexto cotidiano y bien conocido para ellos, al objeto de lograr la extrapolación de conocimientos al otro ámbito, menos conocido y mucho menos familiar. En el trabajo de Oliva (2010, 2011), concretamente, la analogía se sugiere a los alumnos de una manera implícita, en forma de símil, pero es el propio

alumnado el que ha de completarla, otorgándole un sentido. Es, precisamente, debido al contexto altamente familiar y cotidiano ante el que se sitúan los alumnos (el calendario), unido al carácter de reto o desafío que se imprime a la tarea a resolver, lo que confiere a esta actividad un cierto carácter lúdico, y con ello, la posibilidad de plantearla como un juego.

Otros autores, sin embargo, prefieren abordar la periodicidad de los elementos de una forma diferente a la tradicional presentada como un conjunto de familias que tienen propiedades físicas y químicas similares. Así, Sevcik *et al.* (2008) plantean un juego que pretende que los estudiantes aprecien las conexiones que existen entre la Química y la vida diaria profundizando en el efecto o la utilidad de cada elemento en los organismos vivos. De este modo, el alumno estudia la periodicidad ordenando los elementos de acuerdo con estas clasificaciones biológicas: elementos esenciales, iones esenciales, elementos traza esenciales, gases nobles, elementos tóxicos, elementos radioactivos y elementos con efectos inapreciables.

Finalmente, algunas propuestas (Rayner-Canham, 2000; Laing, 2001) nos recuerdan que en la Tabla Periódica existen otros patrones periódicos diferentes a los encontrados en los grupos y períodos, tales como relaciones diagonales, el movimiento del caballo de ajedrez, relaciones en las series lantánidas o actínidas, o compuestos que imitan a elementos. De acuerdo con estos autores, el alumno necesita mayores conocimientos de Química descriptiva para entender estas relaciones, por lo que desde nuestro punto de vista no se considera adecuado introducirlas en la etapa de Secundaria.

Las diferentes clasificaciones de los elementos químicos realizadas a lo largo de la Historia también se han considerado en las distintas propuestas educativas. A modo de ejemplo, el alumnado puede conocer los distintos intentos de clasificación navegando a través del sitio web *The Periodic Spiral* (Yabb, 2000) donde puede aprender cómo tuvo lugar el descubrimiento de los elementos químicos y cómo se fueron ordenando.

No obstante, a pesar de existir diferentes intentos de clasificación, la mayoría de las propuestas se basan, por su importancia, en la clasificación de Mendeleiev. En este sentido, algunos recursos proponen reconstruir la Tabla Periódica de Mendeleiev de una forma amena a partir de tarjetas de elementos químicos, en la que se ofrece al alumno cierta información para que pueda razonar un proceso de clasificación similar al seguido por el propio autor en su construcción. De esta forma, Guzmán y Rosales (1996) propusieron a los estudiantes elaborar en cartulina una tarjeta para cada uno de los elementos químicos conocidos en la época de Mendeleiev donde indicaban su símbolo, nombre, masa atómica y número atómico. Asimismo, debían construir también tarjetas de otro color para los elementos desconocidos en esa época indicando la misma información. Con todas estas tarjetas el alumno debía construir con ayuda del profesor la Tabla Periódica corta, larga y extralarga.

En esta misma línea, la propuesta desarrollada por el Proyecto Faraday (AAVV, 1980) planteaba la construcción de la

Tabla Periódica a partir de diferentes tarjetas que ofrecían para cada elemento química información acerca del estado de agregación en el que se encuentra a temperatura ambiente, su carácter metálico o no metálico, así como los hidruros, óxidos y cloruros que forma habitualmente, lo que permitiría al alumno inferir sus valencias. Finalmente, las tarjetas utilizadas por Calatayud *et al.* (1990) presentaban como información el nombre del elemento, la masa atómica, algunas propiedades físicas (estado de agregación, punto de fusión y punto de ebullición), la reacción con el agua y la fórmula de los compuestos con oxígeno.

Otras propuestas

Junto a los juegos y otros recursos lúdicos presentados en apartados anteriores, centrados en el aprendizaje de aspectos específicos de la Tabla Periódica, encontramos otros más genéricos que abordan un repertorio más amplio y general de contenidos.

De esta forma, es usual encontrar en la bibliografía juegos o pasatiempos que requieren para su resolución responder a cuestiones variadas sobre la Tabla Periódica partiendo de pistas o definiciones de diversa índole. Pertenecen a este tipo de juegos los denominados crucigramas de matrices de letras, los autodefinidos, los acrósticos o los juegos de mesa de preguntas y respuestas, que por sus características y reglas, resultan muy útiles para trabajar un amplio rango de objetivos específicos, en particular al final de la unidad.

Así, en los crucigramas de matrices de letras el alumno debe identificar un cierto número de elementos químicos a través de diferentes pistas. En este sentido, se han propuesto matrices de 2×2 que ocultan 10 elementos (Kotz y Treichel, 1996), de 3×3 con 35 elementos (Kelkar, 2002) y de 4×4 con 46 elementos (Kelkar, 2003). El elevado número de símbolos químicos ocultos en dichas matrices es posible si ofrecemos al alumno pistas en horizontal, vertical y diagonal, así como en las diferentes direcciones. En todos estos recursos, las definiciones presentadas están relacionadas con el aprendizaje de las propiedades de los elementos tanto a nivel macroscópico como submicroscópico, el conocimiento de su etimología o sus aplicaciones en Química.

Por su parte, Franco (2008) elaboró la base de un auto-definido en torno a la Tabla Periódica que puede utilizarse con varios niveles de dificultad. De esta forma, empleando un mismo término es posible trabajar diferentes contenidos, ya que basta con proponer en su diseño la definición más adecuada. A modo de ejemplo, la Tabla 1, extraída del citado trabajo muestra cómo se pueden presentar al alumno distintas definiciones para identificar el elemento flúor.

Por otro lado, Swain (2006) propuso diferentes acrósticos científicos, algunos de los cuales trabajan aspectos específicos de la Tabla Periódica pero mezclados con otros contenidos científicos.

Otra forma divertida de trabajar en una misma tarea diferentes contenidos relacionados con la Tabla Periódica consiste en la competición basada en el Mundial de Fútbol diseñada

Tabla 1. Diferentes definiciones para identificar el elemento flúor, en función del objetivo específico que se desee trabajar en el aula (Franco, 2008).

Objetivo específico	Definición presentada en el autodefinido
1. Nombres y símbolos químicos	Nombre del elemento cuyo símbolo es F
2. Propiedades características de los 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 período
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

por Franco (2006b). En ella, cada alumno juega con los elementos químicos cuyos símbolos están contenidos en el nombre de una selección de fútbol, sorteada al azar. Así, un estudiante que compite con Brasil puede utilizar en las distintas tareas todos los elementos químicos incluidos en su nombre (Br, As, I, B, Ra, Si, S, Ar, Ba, Sr, Rb, Bi, Al, Sb, La, Li, Lr). El juego consta de las distintas fases de un Mundial (preliminares, octavos, cuartos, semifinal y final) en cada una de las cuales el alumno debe resolver una serie de tareas relacionadas con las propiedades de los elementos de la Tabla Periódica. El carácter grupal y eliminatorio de este juego, suponen un elemento añadido de motivación.

Por último, Linares (2004), por un lado, y Martínez (2009), por otro, han planteado juegos de mesa de preguntas y respuestas que utilizan como tablero una Tabla Periódica donde las distintas casillas son cada uno de los elementos químicos. El juego de Linares (2004) titulado *Sabelotodo de la Tabla Periódica* consta de 560 preguntas y está diseñado en diferentes niveles de dificultad para que alumnos desde 4º de ESO (16 años) hasta los primeros cursos universitarios de Química puedan aprender y repasar los conocimientos relacionados con la Tabla Periódica, las propiedades periódicas y las interacciones entre los elementos. Por su parte, el juego de Martínez (2009) consta de 900 preguntas y cada jugador dispone de un quesito de tres cuñas que debe completar.

Síntesis

En esta segunda parte del trabajo se ha realizado una revisión de la literatura en torno a las diferentes propuestas basadas en juegos didácticos y otros recursos lúdicos en el tema de los elementos químicos. Concretamente, el artículo se centra en los distintos recursos que abordan la comprensión, aplicación o uso de la Tabla Periódica, yendo más allá del simple conocimiento de la estructura, apariencia y composición del Sistema Periódico actual. Cabe recordar, en este sentido, que en la bi-

bliografía encontramos también una serie de recursos lúdicos orientados al conocimiento de la Tabla Periódica, especialmente a la memorización de los nombres y símbolos de los elementos químicos y a su familiarización con la disposición en la Tabla de los elementos más importantes, cuya síntesis ya se realizó en el trabajo anterior.

Los aspectos abordados por las distintas propuestas diseñadas para la comprensión de la Tabla Periódica, se han clasificado en cinco grandes tópicos que cubren un amplio rango de objetivos; estos son: a) propuestas en torno a la etimología de los elementos químicos, y a la identificación de los mismos en la vida cotidiana; b) propuestas en torno a las propiedades físicas y químicas macroscópicas de los elementos; c) propuestas en torno a los distintos modelos de átomo y a las propiedades atómicas; d) propuestas en torno a la idea de periodicidad y los distintos intentos de clasificación de los elementos químicos a lo largo de la historia, y e) otras propuestas de carácter más general.

Finalmente, debemos resaltar lo poco que se ha investigado en torno a estas propuestas basadas en juegos didácticos, al moverse la mayoría de los trabajos realizados en el ámbito de la innovación. Dentro de los límites que conocemos no se han realizado, por tanto, estudios amplios de contrastación de la utilidad de estos recursos —a excepción de la Tesis Doctoral de Franco (2011)—. De ahí, la necesidad del desarrollo de nuevas investigaciones en este campo de la didáctica de las ciencias.

Referencias

- A visual interpretation of the Periodic Table by The Royal Society of Chemistry (UK): En línea en: <http://www.rsc.org/chemsoc/visualelements/index.htm> (Consulta: 18/11/2010).
- AAVV, *Proyecto Faraday. La ordenación de los elementos. Guía del Profesor. Grup Recerca*, Universidad de Barcelona, Barcelona, España, 1980.
- Armitage, G. M., Odd man out – A chemical game, *Journal of Chemical Education*, **56**(7), 609, 1979.
- Beach, D., The quantum atom puzzle, *Chem13 News*, Octubre, 15, 2008. Reimpreso de *Chem13 News*, Abril, 15, 1997.
- Bruner, J., Juego, pensamiento y lenguaje, *Perspectivas*, **16**(1), 79-85, 1986.
- Calatayud, M. L.; Carbonell, F.; Carrascosa, J.; Furió, C. J.; Gil, D.; Grima, J.; Hernández, J.; Martínez, J.; Payás, J.; Ribó, J.; Solbes, J. y Vilches, A., *La construcción de las ciencias físico-químicas*, Capítulo 11, Opción B, pp. 243-244, Seminario de Física y Química, Universidad de Valencia, Valencia, España, 1990.
- Carrado, K., Presenting the fun side of the Periodic Table, *Journal of Chemical Education*, **70**(8), 658-659, 1993.
- Connors, M. B., The Periodic Table of the elephants, *Journal of Chemical Education*, **86**(10), 1149, 2009.
- Cunningham, K., More elementary riddles, *Journal of Chemical Education*, **82**(4), 540, 2005.

- Deicy, *WebQuest: El átomo*, 2008. En línea en: <http://webquestatomo.blogspot.com/2008/02/blog-post.html> (Consulta: 12/11/2010).
- Denny, R. A.; Lakshmi, R.; Chitra, H. y Devi, N., Elementary 'Who am I' riddles, *Journal of Chemical Education*, **77**(4), 477, 2000.
- Dynamic Periodic Table. En línea en: <http://www.ptable.com/> (Consulta: 18/11/2010).
- Eckey, D., Elementary riddles, *Journal of Chemical Education*, **71**(12), 1051, 1994.
- Farson, M. E., The Cinderella of the metals, *Journal of Chemical Education*, **2**(1), 57, 1925.
- Feinstein, H. I., Elemental trivia, *Journal of Chemical Education*, **59**(9), 763, 1982.
- Fernández, J.; Torres, H.; Pérez, J.; Elórtégui, N y Rodríguez, F., *La ordenación de algunos elementos químicos*, 1985. En línea en: www.grupoblas Cabrera.org (Consulta: 05/11/2010).
- Franco Mariscal, A. J., La lotería de átomos, *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, **50**, 116-122, 2006a.
- Franco Mariscal, A. J., Elemental, ¡ganemos el Mundial!, *Aula de Innovación Educativa*, **156**, 87-96, 2006b.
- Franco Mariscal, A. J., *Enseñando Física y Química con ideas quijotescas*, Segundo Premio Nacional de Innovación Educativa 2006, Colección Innovación nº 10 del CIDE, Secretaría General de Educación del Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid, España, pp. 24-25, 2007a.
- Franco Mariscal, A. J., La búsqueda de los elementos en secundaria, *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, **51**, 98-105, 2007b.
- Franco Mariscal, A. J., Aprendiendo Química a través de auto-definidos multinivel, *Educ. quím.*, **19**(1), 56-65, 2008.
- Franco, A. J.; Tomás, A.; Jara, V. y Ortiz, F. J., El bingo como recurso didáctico en el aula de Secundaria, *Educ. quím.*, **21**(1), 78-84, 2010.
- Franco Mariscal, A. J., *El juego educativo como recurso didáctico en la enseñanza de la clasificación periódica de los elementos químicos en Educación Secundaria*, 2011, Tesis Doctoral, Universidad de Cádiz (España).
- Franco Mariscal, A. J., Oliva Martínez, J. M. y Bernal Márquez, S., Una revisión bibliográfica sobre el papel de los juegos didácticos en el estudio de los elementos químicos. Primera parte: los juegos al servicio del conocimiento de la tabla periódica, *Educ. quím.*, **23**(3), 338-345, 2012.
- Godoi, T. A. F.; Oliveira, H. P. M. y Codognoto, L., Tabela Periódica – Um Super Trunfo para alunos do ensino fundamental é médio, *Química Nova na Escola*, **32**(1), 22-25, 2010.
- Goh, N. K. y Chia, L. S., Using the learning cycle to introduce periodicity, *Journal of Chemical Education*, **66**(9), 747-749, 1989.
- Goth, G. W., The Periodic Table as a data base, *Journal of Chemical Education*, **63**(10), 836-837, 1986.
- Grau, M. D.; Sanz, J. y Soler, M. A., Tabla Periódica digital, I Congreso Nacional Internet en el Aula, 2008. En línea en: www.taulaperiodica.upc.edu (Consulta: 03/11/2010).
- Gutiérrez Cuevas, V. E., *WebQuest Modelos atómicos*. En línea en: http://www.phpwebquest.org/wq26/webquest/soporte_horizantal_w.php?id_actividad=49134&id_pagina=1 (Consulta: 12/11/2010).
- Guzmán, M. y Rosales, G., Enseñanza de la Tabla Periódica de los elementos, *Educ. quím.*, **7**(3), 150-155, 1996.
- It's Elemental – The Periodic Table. *Chem. Eng News*, **81**(36) 2003, cover story; disponible en: <http://pubs.acs.org/cen/80th/elements.html>. Puedes apoyar tu elemento favorito en Facebook; véase Groat, R. K.; Jacobsen, E. K. *Journal of Chemical Education*, 2009, **86**, 1168–1169. También en: "My favorite element", *Journal of Chemical Education*, **86**, 1131–1141, 2009.
- Johnson, E. N., What's an atom?, *Journal of Chemical Education*, **47**(7), 500, 1970
- Kelkar, V. D., Letter matrix puzzle on the symbols of elements, *Journal of Chemical Education*, **79**(4), 456-457, 2002.
- Kelkar, V. D., Find the symbols of elements using a letter matrix puzzle, *Journal of Chemical Education*, **80**(4), 411-413, 2003
- Kotz, J. C. y Treichel, P. Jr., *Chemistry and Chemical Reactivity*, 3ª ed., Saunders /Harcourt Brace, International ed. Orlando, F. L., Capítulo 2, pp. 99 (problema 65), A-59 (solución), 1996. Original: Cyvin, S., *J. Chem. Eng. News*, **65** (Dec 14), **86**, 1987. *ChemMatters*, **6** (Oct), 1988.
- Laing, M., Periodic patterns, *Journal of Chemical Education*, **78**(7), 877, 2001.
- Lakatos, V. K., Tiedemann, P. W. y Porto, P. A., Primo Levi and the Periodic Table: Teaching Chemistry using a literary text, *Journal of Chemical Education*, **84**(5), 775-778, 2007.
- Levi, P., *The Periodic Table* (Traducción de R. Rosenthal). Schocken Books, New York, USA, 1984.
- Linares, R., *Elemento, átomo y sustancia simple. Una reflexión a partir de la enseñanza de la Tabla Periódica en los cursos generales de Química*, Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España, 2004.
- Linares, R., Las maravillas ocultas en la Tabla Periódica, *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, España, pp. 2725-2733, 2009. En línea en: <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-2725-2733.pdf> (Consulta: 09/11/2010).
- Lucena Cruz, J. M., *WebQuest: Un viaje al interior de la nada*, 2004. En línea en: <http://www.iesaguilarycano.com/dpto/fyq/webquest1/index.html> (Consulta: 07/11/2010).
- Mabrouk, S. T., The Periodic Table as a mnemonic device for write Electronic configurations, *Journal of Chemical Education*, **80**(8), 894-898, 2003.
- Martínez, M. R., Metodología para enseñar el Sistema Periódico, *Revista Digital Ciencia y Didáctica*, **28**, 104-113, 2009.
- Mondeja, D.; Zumalacárregui, B.; Martín, M. y Ferrer, C., Juegos didácticos: ¿útiles en la educación superior?, *Revista Electrónica de la Dirección de Formación de Profesionales del Ministerio de Educación Superior de la República de Cuba*, **6**(3), 65-76, 2001.

- Oliva, J. M., Comparando la Tabla Periódica con un calendario: posibles aportaciones de los estudiantes al diálogo de construcción de analogías en el aula, *Educ. quím.*, **6**, 13-22, 2010.
- Oliva, J. M., Cómo usar analogías en la enseñanza de los modelos y de los procesos de modelización en ciencias, *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, **69**, 2011.
- Orlik, Y., *Química: métodos activos de enseñanza y aprendizaje*, Capítulo 10, Organización moderna de clases y trabajo extraclase en Química, Editorial Iberoamérica, México, 2002.
- Palacios, J. y Tejada, S., La Química también puede ser un juego. Clasificación periódica de los elementos, *Journal of the Mexican Chemical Society*, **41**(1), 30-33, 1997.
- Pearson Education, *Laboratory Manual for Prentice Hall Chemistry (Student Edition)*, Experiment 5: Atomic Structure: Rutherford's experiment, pp. 45-48, Prentice Hall Inc., New Jersey, USA, 2005.
- Periodic Spiral Home Page. En línea en: <http://www.periodic-spiral.com/> (Consulta: 09/11/2010).
- Piaget, J., *La formación del símbolo en el niño*, Fondo de Cultura Económica, México, 1979.
- Pinto, G., A postage stamp about the Periodic Table, *Journal of Chemical Education*, **84**(12), 1919, 2007.
- Rayner-Canham, G., Periodic patterns, *Journal of Chemical Education*, **77**(8), 1053, 2000.
- Samar, A., Elementeo, 2008, En línea en: www.elementeo.com (Consulta: 05/11/2010).
- Sevcik, R. S.; McGinty, R. L.; Schultz, L. D. y Alexander, S. V., Periodic Table Target: A game that introduces the biological significance of chemical element periodicity, *Journal of Chemical Education*, **85**(4), 516-517, 2008.
- Slocum, L. E. y Moore, J. W., Periodic Table Live! excites students, *Journal of Chemical Education*, **86**(10), 1167, 2009.
- Swain, D., Acrostic puzzles in the classroom, *Journal of Chemical Education*, **83**(4), 589, 2006.
- Taarea, D. y Thomas, N. C., The elements go to the movies, *Journal of Chemical Education*, **87**(10), 1056-1059, 2010.
- Talanquer, V., Recreating a Periodic Table: A tool for developing pedagogical content knowledge, *The Chemical Educator*, **10**, 95-99, 2005.
- Tejada, S. y Palacios, J., Chemical elements bingo, *Journal of Chemical Education*, **72**(12), 1115-1116, 1995.
- Vaca Hernández, F., *WebQuest: Modelos atómicos*, IES La Jarcia, Puerto Real, Cádiz, España. En línea en: http://www.juntadeandalucia.es/averroes/lajarcia/phpwebquest/webquest/soporte_izquierda_w.php?id_actividad=34&id_pagina=1 (Consulta: 12/11/2010).
- VanOrden, N., Write an autobiography of an element, *Journal of Chemical Education*, **65**(11), 995, 1988.
- Vaquero, M., *Experimento de Rutherford*, 2007, El applet puede consultarse en la URL: <http://www.deciencias.net/proyectos/4particulares/quimica/atomo/rutherford.htm> (Consulta: 07/11/2010).
- Vygotsky, L. S., El juego y su función en el desarrollo psíquico del niño, *Cuadernos de Pedagogía*, **85**, 39-49, 1982.
- Web Elements Periodic Table Home Page. En línea en: <http://www.webelements.com/> (Consulta: 05/11/2010).
- Williams, K. R. y Myers, G. H., The Cinderella story revisited – again, *Journal of Chemical Education*, **76**(1), 19, 1999.
- Yabb, Periodic Table Live! Home Page, 2000. En línea en: <http://www.chemeddl.org/collections/ptl> (Consulta: 05/11/2010).
- Yager, R. E., The constructivist learning model, towards real reform in science education, *The Science Teacher*, **58**(6), 52-57, 1991.