

# El juego didáctico en el tema de la formulación química inorgánica en educación secundaria

## Educational game on the topic of the inorganic chemical formulation in secondary education

ANTONIO JOAQUÍN FRANCO MARISCAL<sup>1</sup>, MARÍA JOSÉ CANO IGLESIAS<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Educación Secundaria Javier de Uriarte, Parcela 11 - Poblado Naval - 11530 Rota Naval, Cádiz, España

<sup>2</sup> Escuela Superior de Ingeniería - Universidad de Cádiz, c/ Chile s/n 11002, Cádiz, España  
antoniojoaquin.franco@uca.es, mariajose.cano@uca.es

### Resumen

La nomenclatura y la formulación química de compuestos inorgánicos se introducen de forma temprana en los cursos de química tanto de universidad como de educación secundaria. Desde la perspectiva del estudiante, la nomenclatura y la formulación se basan en una serie de reglas complejas que implican conceptos poco familiares. En este artículo se presenta un método innovador de enseñanza de la formulación química para educación secundaria que utiliza el modelo de aprendizaje por descubrimiento. Los alumnos fabrican en cartón y con imanes todos los elementos químicos y descubren los patrones de las reglas de la nomenclatura y la formulación construyendo las fórmulas de una serie de compuestos binarios y ternarios. Este método, donde el alumno es el protagonista del aprendizaje, se puede adaptar a diferentes currículos de química y ayuda al estudiante a entender mejor y retener las reglas de la nomenclatura y la formulación.

**Palabras clave:** educación secundaria, formulación química, nomenclatura, metodología didáctica, innovación educativa.

### Abstract

The chemical nomenclature and formulation of inorganic compounds is typically introduced early in many introductory chemistry courses at both the university and secondary school levels. From the perspective of the student, chemical nomenclature and formulation is a series of complex rules and situations involving unfamiliar concepts. In this paper we present an innovative method to teach chemical formulation to students of secondary education with the discovery-learning model. Each chemical element is made with cardboard and magnets by the student. Pupils discover the patterns of the nomenclature and the formulation rules by building the chemical formulas of a series of inorganic binary and ternary compounds. This method is adaptable to different chemistry curricula, promotes student-centered learning, and helps the student to better understand and retain the nomenclature and formulation rules.

**Key words:** secondary education, chemical formulation, nomenclature, method of teaching, innovative education.

### INTRODUCCIÓN

Actualmente las innovaciones en la enseñanza de la ciencia y la tecnología tienen un carácter prioritario en el desarrollo de la enseñanza en todos los niveles de la educación (ORLIK *et al.*, 2004; CIDE, 2005). Dichas innovaciones incluyen métodos de enseñanza y aprendizaje en los que el estudiante participa de una forma activa, los cuales se han consolidado como un recurso didáctico de gran valor educativo en la enseñanza de las ciencias. ORLIK (2002a), que ha realizado un amplio estudio de estos métodos activos en la enseñanza y aprendizaje de la química, expone en el capítulo 10 de su libro, la organización moderna de las clases y del trabajo extraclase en esta área. En dicha organización de las clases, los juegos educativos se deben considerar como métodos activos de la enseñanza de la química, debiéndose tener también en cuenta las formas de las clases (conferencia, taller o seminario y clases virtuales con base en Internet); el trabajo colectivo de los estudiantes en las mismas; los métodos activos de arte, literatura, poesía y música aplicados a la química; el uso de material ameno y de humor en el aula; las olimpiadas o el trabajo docente extraclase (excursiones, cursos especiales de interés en química, círculos de interés de química, escuelas y sociedades de los químicos jóvenes y las

investigaciones de los estudiantes, actividades especiales y espectáculos de química).

En este sentido, ORLIK (2002a) distingue tres tipos de juegos educativos aplicables en el aula: juegos ocupacionales, juegos-ejercicios y juegos tipo concurso de conocimientos.

Los juegos ocupacionales se pueden presentar en diversas variantes y su aplicación resulta más positiva en las últimas clases del tema al permitir generalizar los contenidos. Una variante de este tipo de juegos consiste en defender, ante las preguntas de la clase, las profesiones de la industria química en la producción de compuestos químicos, tales como ácido sulfúrico (SKATOVA & ROMAN, 1991) o amoníaco (KLEIANKINA *et al.*, 1992), el refinado del petróleo, etc. Otra variante es la clase-consulta para preparar al grupo mejor antes del examen (ZUEVA & IVANOVA, 1989). En este caso los estudiantes eligen el profesor, el auxiliar, el inspector y ellos contestan las preguntas de todo el grupo. De acuerdo con LERMAN (1995), NAJI & LAPAINE (2000) y HOGUE & SARQUIS (2000), la organización de este tipo de juegos en forma de teatro aumenta la motivación de los estudiantes. Por otro lado, algunos docentes diseñan cuentos o fragmentos amenos de naturaleza química, bien originales (GORSHKOVA, 1991) o bien basados en la literatura, siendo muy conocidas en este último tipo las 15 aventuras de SHERLOCK HOLMES DE WADDELL & RYBOLT (1991, 2004) publicadas hasta la actualidad.

Otro tipo importante de juegos educativos en la enseñanza de química son los juegos-ejercicios, designado para el trabajo individual o en pequeños grupos de estudiantes. Muchas veces los juegos-ejercicios están basados en los típicos juegos para niños y adultos. Ejemplos característicos son los crucigramas, sopas de letras, juegos "triqui" o puzzles similares (RANNIKMAE *et al.*, 1982; MANDELIN, 1990, 1991;) que publican algunas revistas de la enseñanza de la química como *Journal of Chemical Education* o *Química y Escuela* (Moscú). Existen otras variantes de los juegos interesantes en química, por ejemplo, el bingo o jeopardy (SCARPETTI, 1991; TEJADA & PALACIOS, 1995; FRANCO, 2006a), el billar químico, las damas químicas (BULAVIN, 1993) (la variante computarizada de las damas químicas (ORLIK *et al.*, 1993), o contadores redox (SIKOSSEK, 1995).

El tercer tipo de juegos son los diferentes concursos de conocimientos que se pueden organizar tanto en las clases como en el trabajo extraclase de química. Generalmente, este tipo de trabajo educativo es similar a algunos programas de televisión de muchos países y pueden participar dos o más equipos de estudiantes. Previamente al juego, se realiza una etapa preparatoria en la que el docente da la tarea de investigar la literatura de química y de ciencia popular sobre el tema. Cada alumno puede preparar una cuestión teórica o de tipo experimental y sus respuestas, son revisadas por el profesor antes del juego. En el momento del juego, los equipos se hacen las preguntas entre sí. El tiempo para contestar suele ser limitado y gana el equipo que acumule más puntos. Dependiendo del nivel (la escuela secundaria o universidad) la dificultad de las preguntas debe ser diferente.

Aparte de estos tres tipos de juegos no se deben olvidar los juegos educativos de computador (ORLIK, 2002b; NAVAS & ORLIK, 2003) o mediante simulaciones (GREDLER, 2004; RIEBER, 2005), útiles para aumentar la calidad de los conocimientos de los estudiantes (SARQUIS *et al.*, 1995; CHIMENO, 2000), y cuyo uso ha aumentado en los últimos años gracias al avance y al desarrollo de las nuevas tecnologías.

En definitiva, el uso de estas estrategias no convencionales de tipo lúdicas (juegos educativos) diseñadas convenientemente constituye una

alternativa en el aula para lograr que el alumno participe de forma activa en el proceso de enseñanza aprendizaje. Según YAGER (1991) “tomar parte en juegos focalizados” es una estrategia constructiva que facilita la motivación de los aprendizajes y que permite con posterioridad concretar otras destrezas a las que denomina “proponiendo explicaciones y soluciones” y “tomando acción”. Por otro lado, los juegos didácticos, desarrollados de forma individual o en grupo, ofrecen al estudiante la oportunidad de ser protagonistas de su aprendizaje.

Así, la aplicación de estas estrategias adquiere cada vez más relevancia en el aula y diversos autores han realizado recientemente nuevas propuestas para trabajar de esta manera el aprendizaje de la química (PANDIELA *et al.*, 1997; SOSA, 1997; TUBERT, 1998; THAMBURAJ, 2001; HANSON, 2002; HELSER, 2003; BECK, 2004; ANAYA, 2004; EILKS, 2005; HERNÁNDEZ, 2006; SWAIN, 2006; ORLIK *et al.*, 2006; o FRANCO, 2006a, 2006b, 2006c).

Sin duda, el uso de estas estrategias tiene aún más interés en temas que resulten muy áridos para el estudiante porque son poco atractivos. Entre ellos, destaca la nomenclatura y formulación química inorgánica, un tema que se introduce de forma temprana en los cursos de química, tanto de educación secundaria como universitarios, por ejemplo en España, la educación obligatoria comprende la educación primaria (6-12 años) y la educación secundaria obligatoria (ESO) (13-16 años). La educación primaria consta de seis cursos, mientras que la ESO se compone de cuatro cursos divididos en dos ciclos. El currículo actual contempla el estudio de la formulación química inorgánica en los dos últimos cursos, 3º y 4º ESO. Desde la perspectiva del estudiante, la nomenclatura química y sus reglas son complejas, implicando conceptos poco familiares, tales como los estados de oxidación de los elementos o los iones poliatómicos. Con frecuencia el alumno piensa que saber fórmulas significa saber química, cuando conocemos que el hecho de aprender el abecedario no garantiza la interpretación o la producción de un texto literario. Por su parte, el docente debe transmitir que las fórmulas simbolizan el lenguaje universal de la química, ya que son representaciones necesarias para poder escribir una reacción química mediante una ecuación, o para interpretar y resolver los cálculos estequiométricos. En este sentido, la experiencia que trata este artículo se presenta como una alternativa de aprendizaje en el aula, que pretende allanar el camino pedregoso que tanto profesores como alumnos encuentran en la formulación química.

Según REPETTO (1985) en el estudio de la formulación química en la escuela es fundamental el conocimiento del sistema periódico de los elementos, por lo que es “rentable” empezar a enseñar a los estudiantes de los primeros cursos de química el nombre y el símbolo de los principales elementos tal y como aparecen agrupados en la tabla periódica. Con ello se intenta facilitar el aprendizaje al mismo tiempo que se va mentalizando al alumno de la existencia de familias químicas con propiedades afines. GRANATH y RUSSELL (1999), de acuerdo también con esta idea, han propuesto la enseñanza aprendizaje de los nombres y símbolos químicos a través de un juego de cartas, basado en los juegos “Old Maid” y “Go Fish”.

La metodología didáctica propuesta por REPETTO (1985) para el estudio de la formulación química considera que se debe realizar un aprendizaje lento de los elementos químicos más usuales (los grupos Ia, IIa, IIIa, IVa, Va, VIa, VIIa y algunos elementos como el cobre, hierro, plata, oro, zinc y mercurio), no siendo necesario ni conveniente aprender todos los elementos porque sólo basta con unos cuarenta para conseguir una variada gama de fórmulas de compuestos, aunque algunos de ellos solamente tengan existencia en el papel. Una vez superado este objetivo, se empezará con la formulación de los compuestos binarios, siendo imprescindible la realización de muchos y variados ejercicios para conseguir una gran fluidez en la formulación así como un aprendizaje eficaz. Alcanzado este propósito, se introducirá la formulación de los compuestos ternarios. Por último, recomienda la introducción escalonada de los diferentes compuestos para evitar enseñar toda la formulación química de golpe. De acuerdo con REPETTO (1985) pretender tal cosa es prueba de una inadecuada metodología y solamente se suele conseguir que los alumnos odien la química considerándola una materia imposible de comprender y por tanto de aprender.

Por su parte, PANDIELA, NÚÑEZ & MACÍAS (1997) han aplicado en la enseñanza de la formulación química una estrategia didáctica con excelentes resultados basada en una adaptación del juego de la escoba. En la misma, en cada carta del naípe español se ha cambiado la figura por la fórmula química de un ión, que combinado con otros iones forma una sal neutra. Por otro lado, CHIMENO (2000) ha desarrollado el recurso “La rueda del arco iris” para hacer más divertido y excitante este tema. Recientemente, WIRTZ, KAUFMANN & HAWLEY (2006) han propuesto un método de enseñanza de las reglas de la nomenclatura química utilizando el modelo de aprendizaje

por descubrimiento. Para ello han agrupado los compuestos inorgánicos en cuatro categorías (compuestos binarios iónicos de los elementos de los grupos principales, compuestos binarios iónicos de cationes con carga variable, compuestos iónicos de iones poliatómicos, y compuestos binarios de no metales) de forma que el estudiante descubre las reglas de la nomenclatura examinando el nombre y la fórmula de una serie de compuestos.

En este marco metodológico, el presente artículo expone una experiencia innovadora sobre formulación química realizada en España con alumnos de educación secundaria. El objetivo de la experiencia ha sido el diseño y la aplicación de un juego didáctico para la enseñanza aprendizaje de la formulación química inorgánica en secundaria. Para ello, los estudiantes han fabricado en cartón y con materiales magnéticos los elementos químicos más representativos de la tabla periódica en los estados de oxidación más usuales. La aplicación del juego en el aula ha permitido la enseñanza y el aprendizaje de los estados de oxidación y de la nomenclatura y la formulación química de los compuestos binarios y ternarios según las normas IUPAC. Con el material elaborado, se trata que el alumno adquiera una idea clara de cómo se combinan los elementos entre sí, en definitiva, el por qué de la formulación química y la razón de un número determinado de átomos en cada fórmula. A modo de ejemplo, se pretende que el estudiante comprenda por qué en la formación del hidruro de hierro (III) se requiere un hierro y tres hidrógenos, y sin embargo en la formación del óxido de hierro (III) son necesarios dos hierros y tres oxígenos. Por otro lado, se trata de visualizar las uniones, y no se pretende en ningún caso distinguir entre los tipos de enlaces que se originan ni estudiar la geometría del compuesto formado. Tras su aplicación, se ha evaluado la utilidad de este recurso didáctico en el aula.

## METODOLOGÍA

La presente experiencia se ha realizado durante los cursos 2005-2006 y 2006-2007 con 136 estudiantes de la asignatura de física y química de 3º de ESO (15 años), de los cuales 65 alumnos pertenecían a la sección de educación secundaria del I.E.S. José de Ribera de La Pobra del Duc en Valencia (España) y 71 al Instituto de Educación Secundaria Javier de Uriarte de Rota en Cádiz (España). Los 65 estudiantes del I.E.S. José de Ribera han aprendido la formulación química con una metodología tradicional, mientras que los 71 alumnos del I.E.S. Javier de Uriarte han estudiado la formulación química con el recurso innovador que se describe en este artículo.

### El diseño del juego didáctico

Los alumnos dispusieron de diez días para diseñar el juego didáctico y realizar los elementos químicos en los estados de oxidación que se indican en la Tabla 1.

Tabla 1  
Elementos químicos en sus estados de oxidación más usuales

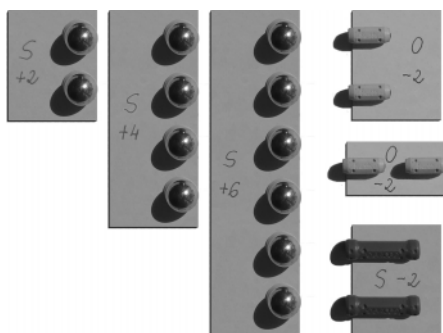
Elementos	Estados de oxidación	Elementos	Estados de oxidación
H	+1, -1	Zn, Cd	+2
Li, Na, K, Rb, Cs	+1	B, Al	+3
Be, Mg, Ca, Sr, Ba	+2	Si	+4
Cr	+2, +3, +6	C, Sn, Pb	+2, +4
Mn	+2, +3, +4, +6, +7	N	+1, +2, +3, +4, +5
Fe, Co, Ni	+2, +3	P, As, Sb, Bi	-3, +1, +3, +5
Pd, Pt	+2, +4	O	-2
Cu, Hg	+1, +2	S, Se, Te	-2, +2, +4, +6
Ag	+1	F	-1
Au	+1, +3	Cl, Br, I	-1, +1, +3, +5, +7

Para cada elemento de la tabla 1, el estudiante ha elaborado en cartón tantas piezas como valencias posee. Para permitir las combinaciones entre los distintos átomos y diferenciar el signo de los estados de oxidación se han pegado al cartón imanes o materiales ferromagnéticos. Así, los elementos con estados de oxidación negativo poseen imanes, tantos como el exceso de electrones del átomo que representa, mientras que los elementos con valencia positiva tienen tantas esferas ferromagnéticas como la deficiencia de electrones que posea el átomo en cuestión.

De esta forma, el juego permite visualizar y formar con gran facilidad todas las combinaciones tanto binarias como ternarias. Asimismo, el uso de imanes ayuda a transmitir al alumno la idea que no todas las combinaciones químicas constituyen un enlace. Es sencillo comprobar con

el diseño de las piezas que sólo los imanes y las esferas se atraen entre sí, y que no se pueden combinar consigo mismo ni los imanes ni las esferas. Se debe transmitir como significado químico de este diseño que únicamente forman enlace la combinación de átomos con estados de oxidación de diferente signo. Sin embargo, para que la combinación de los elementos sea posible, además se deben tener en cuenta los siguientes aspectos relativos al diseño de los mismos.

- Los elementos con valencia positiva deben poseer las esferas ferromagnéticas por la parte derecha, mientras que los de valencia negativa tendrán el imán por la izquierda.
- El tamaño de las piezas debe ser diferente según la valencia, guardando una relación de proporcionalidad. Así, la longitud de una pieza de valencia +3 debe ser el triple que la de otra pieza de valencia +1, lo que permitirá la combinación del elemento +3 con tres piezas de un elemento -1, o con una pieza de un elemento -2 y otra de -1.
- Para favorecer el aprendizaje de las valencias y facilitar la búsqueda de un elemento en cuestión, se recomienda utilizar un color diferente para cada estado de oxidación.
- Por último, para conseguir una amplia variedad de fórmulas, se han realizado dos piezas idénticas por cada valencia positiva y siete piezas para aquellos elementos con valencia -1 o -2. De forma excepcional, y para cubrir los dos tipos de enlace que pueden formar el oxígeno (dos enlaces simples o un enlace doble), para este átomo se han diseñado dos piezas diferentes: la primera contiene los imanes enfrentados, uno por la parte derecha y el otro por la izquierda, mientras que la segunda, posee los dos imanes por la izquierda. La Figura 1 muestra el diseño de algunas de las piezas.



**Figura 1.** Ejemplos de piezas elaboradas por el estudiante.

### La aplicación del juego didáctico

A continuación se resume la metodología didáctica que ha permitido al estudiante comprender la formulación química de los diferentes compuestos binarios y ternarios. Para que el alumno sea el protagonista de su propio aprendizaje, se ha empleado el modelo de aprendizaje por descubrimiento de la siguiente forma. En primer lugar, el docente define el compuesto químico a estudiar, indicando el estado de oxidación de cada uno de los elementos que intervienen. Luego, y guiado por el profesor, el estudiante forma varios ejemplos de cada tipo de compuesto utilizando las piezas que ha elaborado. Para ello se indica por un lado, que el elemento con estado de oxidación positivo siempre se debe colocar a la izquierda y el negativo a la derecha, y por otro lado, que el compuesto se forma cuando todos los imanes quedan unidos a las esferas, por lo que se pueden utilizar el número de piezas que se necesiten para este fin. Por último, el alumno nombra el compuesto en las nomenclaturas de Stock y sistemática atendiendo a las normas IUPAC, y el docente verifica las respuestas y resuelve dudas en una puesta en común. Una vez que el profesor ha propuesto en torno a 20 compuestos y comprueba que el alumnado es capaz de formular y nombrar correctamente ese tipo de compuestos, los estudiantes por parejas se reparten los elementos y exploran la formación de nuevos compuestos.

Se han dedicado un total de ocho sesiones de una hora de duración a la aplicación de este recurso en el aula, las cuales se comentan en detalle a continuación, y se resumen en la Tabla 2. Cabe destacar que el repaso de todos los compuestos no sólo se realizó en las dos últimas sesiones, sino también en aquellas otras en las que se dispuso de tiempo.

### Cationes y aniones

A modo de introducción en la primera sesión, el docente explica la naturaleza de las piezas elaboradas, indicando que cuando no están unidas,

**Tabla 2**  
**Aplicación del recurso didáctico en el aula**

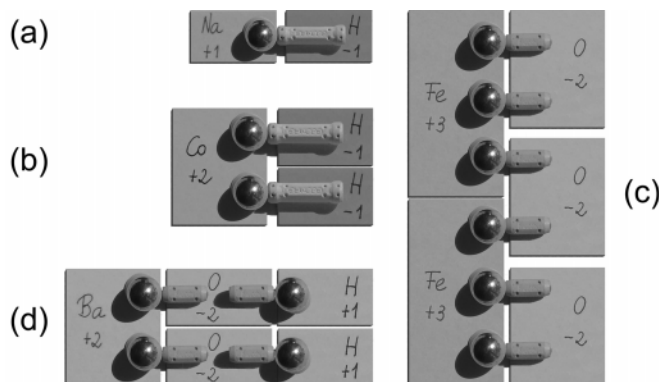
Sesión	Contenidos estudiados
1	Cationes y aniones. Hidruros y ácidos hidrácidos.
2	Óxidos.
3	Salas binarias. Hidróxidos.
4, 5 y 6	Oxoaniones, oxoácidos y oxosales.
7 y 8	Repaso de todos los tipos de compuestos.

se trata de átomos con carga eléctrica llamados aniones o cationes, según sea la carga negativa o positiva. También indica cómo distinguirlos, observando la presencia de un imán o de una esfera no unida, respectivamente; y las reglas IUPAC para nombrarlos.

### Compuestos binarios

A continuación se expone cómo se ha trabajado la formulación de las diferentes combinaciones binarias: hidruros, ácidos hidrácidos, óxidos y sales binarias.

- **Hidruros:** A partir de la definición de hidruro como un compuesto formado por hidrógeno en estado de oxidación -1 y cualquier otro elemento con valencia positiva, el estudiante ha investigado el número de hidrógenos que necesita cada catión para formar este compuesto. Esta actividad, ha permitido al alumno averiguar, por ejemplo, por qué sólo se requiere un hidrógeno para formar el hidruro de un elemento alcalino como el sodio, mientras que se necesitan dos hidrógenos para formar el hidruro de cobalto en estado de oxidación +2. La Figura 2 (a) y (b) recoge la formación de estos dos ejemplos con las piezas del juego.



**Figura 2.** (a) Hidruro de sodio (I), (b) Hidruro de cobalto (II), (c) Óxido de hierro (III), (d) Hidróxido de bario.

A partir de varios ejemplos, y una vez formado el compuesto, es fácil introducir las nomenclaturas de stock y sistemática. En la primera de ellas, el estudiante se debe fijar en el tipo de compuesto y en la valencia del catión, la cual se indicará en números romanos y entre paréntesis. En los ejemplos (a) y (b) de la figura 2, hidruro de sodio (I) e hidruro de cobalto (II). La nomenclatura sistemática también resulta sencilla de comprender, ya que basta con citar de derecha a izquierda el número de átomos que existe de cada elemento utilizando los prefijos di- (2), tri- (3), tetra- (4), penta- (5), hexa- (6) o hepta- (7). En esta nomenclatura, dichos compuestos se nombran como monohidruro de monosodio y dihidruro de monocobalto. Por último, se han introducido los nombres tradicionales admitidos por la IUPAC de tres compuestos muy importantes, agua, amoníaco y metano.

- **Ácidos hidrácidos:** Se ha indicado que un ácido hidrácido es una combinación binaria del hidrógeno con valencia +1 con cualquier elemento halógeno o perteneciente al grupo del oxígeno a excepción de éste. Estos compuestos se han trabajado con un procedimiento similar al expuesto en los hidruros.
- **Óxidos:** Se ha definido como la combinación del oxígeno con cualquier elemento de la tabla periódica con valencia positiva y se ha recomendado utilizar la pieza del oxígeno con los dos imanes a la izquierda, ya que en función del átomo que se combine originará o dos enlaces simples (caso de  $\text{Na}_2\text{O}$ ) o un enlace doble ( $\text{CaO}$ ). Sin embargo, si se utiliza la pieza con los imanes enfrentados, se puede formar  $\text{Na}_2\text{O}$  pero no  $\text{CaO}$ , al no



permitir su diseño formar el doble enlace. A continuación el alumno ha realizado diversas composiciones con el oxígeno y otros elementos, con el objetivo de resaltar las distintas posibilidades que tiene el oxígeno para enlazarse. Así, se puede combinar con dos elementos de valencia +1 o con uno de valencia +2. En el caso que se quiera combinar con un catión en un estado de oxidación superior a +2 se requerirá más de un oxígeno para que todos los imanes queden unidos. Si además la carga del catión es impar será necesario utilizar más de un catión, como muestra el ejemplo (c) de la figura 2 para el óxido de hierro (III). En este caso también es fácil introducir las nomenclaturas de stock y sistemática al ser la formación del nombre del compuesto similar a la estudiada en los hidruros.

- **Sales binarias:** En este punto y atendiendo a las instrucciones ya expuestas para el resto de combinaciones binarias, no debe presentar dificultad la formulación y la nomenclatura de las sales binarias a partir de la combinación de un metal (valencia positiva) y un no metal (valencia negativa).

### Compuestos ternarios

Este recurso también se ha aplicado a la enseñanza y aprendizaje de la formulación química de las combinaciones ternarias hidróxidos, oxoaniones, oxoácidos y oxosales.

- **Hidróxidos:** Para la formación del hidróxido se ha indicado el orden en que se deben disponer los átomos (catión metálico, anión oxígeno e hidrógeno). Para el oxígeno se ha utilizado la pieza con los imanes enfrentados y para el hidrógeno la de valencia positiva. El ejemplo (d) de la figura 2 muestra la formación del hidróxido de bario.
- **Oxoaniones, oxoácidos y oxosales**

Los oxoaniones, oxoácidos y oxosales se han estudiado conjuntamente, lo que contribuye a entender las diferencias existentes entre estos tres compuestos. En todos los casos, el elemento central es un no metal o un metal de transición como Cr o Mn, que actúa con valencia positiva, al que se une un cierto número de oxígenos con los dos tipos de enlace, sencillo y doble. La diferencia entre estos compuestos radica en la presencia o no de un tercer elemento unido a los oxígenos de enlace simple. Así, en los oxoácidos y las oxosales, se une un tercer elemento, hidrógeno y un metal, respectivamente; mientras que en los oxoaniones dichos oxígenos no se enlazan con ningún átomo, quedando el compuesto con un exceso de electrones.

La formación de estos compuestos a partir de las piezas no es tan intuitiva como en el caso de los compuestos binarios, y su construcción se puede llevar a cabo de varias formas. Si se desea formar el compuesto combinando piezas por tanteo, se debe colocar el mínimo número de oxígenos de enlace simple. Si al alumno le resulta este método complicado, puede averiguar matemáticamente el número de oxígenos que necesita de cada tipo, ya que determinan el número de hidrógenos o de metales a usar. Como ejemplo, se propone la formación de tres compuestos donde el azufre actúa con valencia +6, el ácido sulfúrico, el anión sulfato y el sulfato de sodio. Si el alumno comienza formando el oxoácido, se dará cuenta que si combina tres oxígenos de doble enlace con el azufre +6, no habrá espacio físico para colocar ningún átomo más, y habrá construido un compuesto binario, el trióxido de azufre. Por el contrario, si coloca una única pieza de oxígeno de enlace sencillo no puede “cerrar” la estructura con piezas de doble enlace, ya que queda un hueco sin cubrir. En conclusión, debe colocar dos piezas de oxígeno de enlace doble y otras dos de enlace simple, y combinar con estas últimas, dos hidrógenos para completar la fórmula del ácido. A partir de este momento, la formación del oxoanión y la oxosal es inmediata.

Matemáticamente, se llega a la misma conclusión. El alumno determina el total de oxígenos averiguando cuántos hacen falta para superar la valencia +6 de un único azufre. Como la valencia del oxígeno en valor absoluto es dos, se necesitan cuatro oxígenos ( $4 \times 2 = 8$ ) para superar la valencia del azufre. Los oxígenos sobrantes ( $8 - 6 = 2$ ) indicarán el número de oxígenos que se requieren de enlace simple. Luego, de los cuatro oxígenos que son necesarios, dos serán de doble enlace y otros dos, de enlace sencillo. Construido en este punto el oxoanión, se forma con facilidad el oxoácido y la oxosal, como se muestra en la Figura 3. Tras varios ejemplos, se procede a explicar las reglas de la nomenclatura tradicional para los compuestos ternarios.

Aunque en un principio la disposición estructural de los oxígenos no nos interesa a nivel de secundaria, el alumno debe tener en cuenta que al construir oxosales de metales en estado de oxidación superior a uno (tales como sulfato de calcio o de aluminio) se requiere que todos los oxígenos

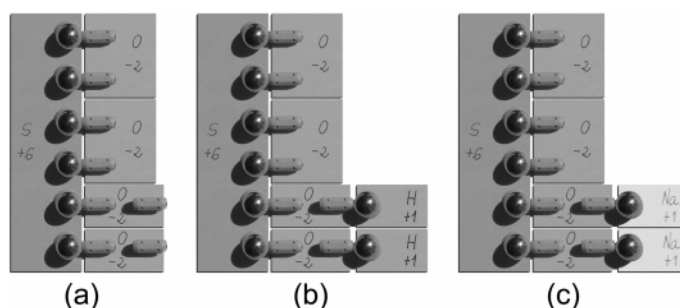


Figura 3. (a) anión sulfato, (b) ácido sulfúrico y (c) sulfato de sodio.

de enlace simple estén muy cercanos, para que el átomo polivalente se pueda enlazar con varios oxígenos a la vez.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para evaluar la utilidad del recurso didáctico presentado se han comparado los resultados obtenidos en una misma prueba de evaluación escrita realizada a los grupos de alumnos de dos institutos. En este punto, hay que indicar que la formación en química de los alumnos de ambos institutos es similar, comparando las calificaciones obtenidas en el resto de los temas de esta asignatura. Ambos grupos estudiaron idénticos contenidos de la formulación química distribuidos en el mismo número de sesiones (tabla 2) y se diferencian en las metodologías didácticas empleadas en el proceso de enseñanza aprendizaje. Así, el alumnado del I.E.S. José de Ribera abordó los contenidos relativos a la formulación química con una metodología tradicional (MT), es decir, memorización de las valencias de los elementos, definición de cada tipo de compuesto y realización de una batería de actividades de desarrollo y aplicación de los mismos. Por su parte, los estudiantes del I.E.S. Javier de Uriarte han utilizado la metodología innovadora (MI) basada en el recurso didáctico expuesto en este trabajo.

La prueba de evaluación propuesta ha consistido en formular o nombrar según procediese, 50 compuestos químicos, concretamente la mitad de cada tipo. El estudiante dispuso de una hora para realizar la prueba. La Figura 4 compara los resultados obtenidos en esta prueba según la metodología utilizada. Se muestra el porcentaje de respuestas acertadas divididas en cuatro intervalos iguales, con la idea de establecer diferentes grupos de calificaciones de los alumnos (0 - 2,5; 2,5 - 5; 5 - 7,5 y 7,5 - 10).

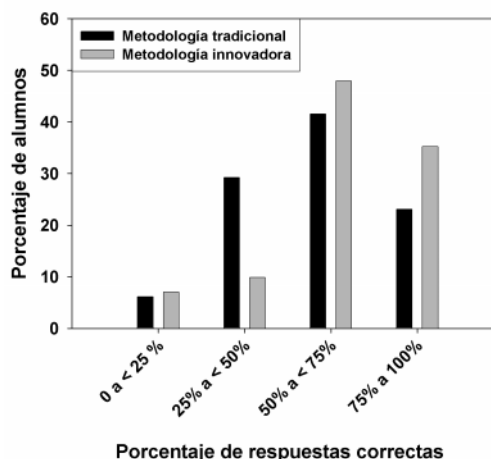


Figura 4. Porcentaje de estudiantes que tiene un determinado tanto por ciento de respuestas correctas en la prueba de evaluación realizada por alumnos que han empleado metodologías diferentes en el estudio de la formulación química.

De la figura 4 se deduce que el uso de esta MI siempre produce mejores resultados que la MT en la enseñanza aprendizaje de la formulación química. Así, el porcentaje de aprobados (alumnos con más del 50% de respuestas correctas en la prueba) es de un 83,10% cuando se emplea la MI y de un 64,61% si se usa la MT, lo que supone casi un 20% más. El número de

suspensos disminuye igualmente, aproximadamente un 20%, ya que al usar la MT suspenden el 35,38% de los estudiantes, mientras que con la MI lo hacen el 16,90%.

También se valoran muy positivamente los resultados obtenidos en los distintos tramos de calificaciones en que se ha dividido la prueba, que mejoran de forma considerable con la MI, salvo en el primer intervalo que son iguales con independencia de la metodología empleada. La mayor diferencia entre los porcentajes se encuentra en el segundo intervalo, que muestra que la MT produce un mayor tanto por ciento de estudiantes con una calificación comprendida entre un 2,5 y un 5 (29,23%), que desciende a un 9,86% con la MI. Esta disminución de suspensos se puede considerar un éxito de la MI, al tratarse de un tramo en el que las calificaciones son críticas al estar un gran número de ellas muy próximas al aprobado.

Se observa también un incremento porcentual en los dos intervalos con alumnos aprobados. Así, el aumento es superior a seis puntos en el número de alumnos con una calificación comprendida entre un 5 y un 7,5, que pasa del 41,54% (MT) al 47,90% (MI). Por su parte, el incremento es de 12 puntos en el último intervalo que varía de 23,07% (MT) al 35,21% (MI), lo que pone de manifiesto que la MI no sólo favorece el aprendizaje a los alumnos cuya media se encuentra en torno al aprobado, sino también a aquellos que presentan calificaciones cercanas al sobresaliente. Por último, ambos métodos producen resultados similares, en torno a un 7%, en estudiantes con calificaciones inferiores a un 2,5. Estos datos se pueden explicar con el perfil de alumno que se engloba en este tramo, que se corresponde con estudiantes desmotivados, en muchas ocasiones repetidores, y que no tienen ningún interés por el estudio.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se ha propuesto el desarrollo y la aplicación de un recurso innovador de carácter lúdico en la enseñanza aprendizaje de la formulación química inorgánica en la etapa de educación secundaria. Con este recurso se ha obtenido un notable mejoramiento en los resultados académicos en comparación con el uso de una metodología tradicional.

Desde el punto de vista del estudiante, este recurso ha hecho más divertido y ameno el aprendizaje de la formulación química, al facilitar la visualización de una forma clara de la representación de una fórmula química. Además le ha permitido ser capaz de construir cualquier compuesto ya sea binario o ternario, a la vez que ha podido investigar las diferencias entre cada tipo de compuesto realizando varias combinaciones con los elementos.

Además, el recurso se puede adaptar a los diferentes currículos de química de los distintos países, haciendo al estudiante protagonista de un aprendizaje por descubrimiento, lo que ayuda a entender mejor y a retener las reglas de la formulación y la nomenclatura química.

## BIBLIOGRAFÍA

- ANAYA DURAND, A. Aprendiendo ingeniería química diseñando crucigramas, *Educación Química*, **15** (3), 312, 2004.
- BECK, D. Playing games or learning science? An inquiry into Navajo children's science learning, *Journal of American Indian Education*, **43** (3), 41-55, 2004.
- BULAVIN, Y. Juegos de química, *Química y Escuela (Moscú)*, **1**, 57, 1993, en ruso.
- CHIMENO, J. How to make learning chemical nomenclature fun, exciting, and palatable, *Journal of Chemical Education*, **77** (2), 144-145, 2000.
- CIDE (Centro de Investigación y Documentación Educativa), *Premios Nacionales de Innovación Educativa 2005*, Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid, España, 2005.
- EILKS, I. Experiences and reflections about Teaching Atomic Structure in a Jigsaw Classroom in Coger Secondary School Chemistry Lessons, *Journal of Chemical Education*, **82**, 313, 2005.
- 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. La baraja de ciencias como recurso didáctico en la ESO. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, **47**, 111-116, 2006c.
- GORSHKOVA, V. Cuentos de haga para química, *Química y Escuela (Moscú)*, **6**, 61-62, 1991, en ruso.
- GRANATH, P. L.; RUSSELL, J. V. Using games to teach chemistry. 1. The old prof card game, *Journal of Chemical Education*, **76**, 485, 1999.
- GREDLER, M. E. *Games and simulations and their relationships to learning*, in D.H. JONASSEN (ed.), *Handbook of research on educational communications and technology*, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 2<sup>nd</sup> ed., 571-581, 2004.
- HANSON, R. M. The chemical name game, *Journal of Chemical Education*, **79** (11), 1380, 2002.
- HELSER, T. L. Elemental zoo, *Journal of Chemical Education*, **80** (4), 409, 2003.
- HERNÁNDEZ, G. Jugando con símbolos, *Educación Química*, **17** (2), 187-188, 2006.

- HOGUE, L.; SARQUIS, A. *A formula for effecting student learning in Chemistry: storytelling, dramatic simulations, and model development*, 16th International Conference on Chemical Education (Ed. by M. Riedel), Budapest, 130, 2000.
- KLEIANKINA, N.; BALASHOVA, E.; ZAITSEV, O. Juego ocupacional del tema "Producción del amoníaco", *Química y Escuela (Moscú)*, **5-6**, 49-51, 1992, en ruso.
- LERMAN, Z. *Creative methods of teaching chemistry at the secondary school level in Chemistry: the Key to the Future*. Proceedings of the 13th International Conference on Chemical Education. (Ed. by P. Towse), IUPAC, 224-227, 1995.
- MANDELIN, D. Anions - a puzzle, *Journal of Chemical Education*, **68** (12), 1033, 1991.
- MANDELIN, D. The elements: a puzzle, *Journal of Chemical Education*, **67** (12), 1005, 1990.
- NAJI, M.; LAPAJNE, T. *Drama in the Chemistry curriculum*, 16th International Conference on Chemical Education (Ed. by M. Riedel), Budapest, 131, 2000.
- NAVAS, A. M.; ORLIK, Y. Juegos educativos de computador en la enseñanza de las ciencias, *Journal of Science Education*, **2** (4), 92-95, 2003.
- ORLIK, Y.; GIL, E.; MORENO, A. The game "Young Scientists" as an active science educational tool for extra-curricular work in the secondary school, *Journal of Science Education*, **7**, Special issue II, 32-33, 2006.
- ORLIK, Y.; GLYAKOV, P.; VAROVA, R. Chemical checkers on the computer, *Journal of Chemical Education*, **70** (4), 297-299, 1993.
- ORLIK, Y.; HERNÁNDEZ, L. C.; NAVAS, A. M. *Sistematización de experiencias innovadoras y apropiadas sobre la enseñanza de la ciencia y la tecnología en el mundo y en los países CAB*. Convenio Andrés Bello (ONCYT/CAB), Bogotá, 2004. En la Web (Consulta: 23/08/2007): <http://ciencia.convenioandresbello.org/apropiacion/mod/docs/docs/15%20.pdf>
- ORLIK, Y. *Química: métodos activos de enseñanza y aprendizaje*, Ed. Iberoamérica, México, 2002a, Capítulo 10: Organización moderna de clases y trabajo extracurricular en química.
- ORLIK, Y. *Química: métodos activos de enseñanza y aprendizaje*, Ed. Iberoamérica, México, Capítulo 6: Computadores e Internet en la enseñanza de la química, 2002b.
- PANDELA, P.; NÚÑEZ, G.; MACÍAS, A. Cómo favorecer el aprendizaje de la formulación química inorgánica con estrategias no-convencionales. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, **11**, 77-84, 1997.
- RANNIKMAE, M.; TILDSEPP, A.; SUSHKO, A. Elementos de los juegos didácticos en las clases de química, *Química y Escuela (Moscú)*, **1**, 49, 1982, en ruso.
- REPETTO, E. Didáctica de la formulación química en E.G.B., *Guiniguada*, **2**, 11-19, 1985.
- RIEBER, L. P. *Multimedia Learning in Games, Simulations, and Microworlds*, in R. E. MAYER (ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, University Press, Cambridge, 2005.
- SARQUIS, J.; SARQUIS, M.; WILLIAMS, J. *Teaching Chemistry with toys*, Learning Triangle Press, New York, USA, 1995.
- SCARPETTI, D. Chemical jeopardy. An alternative group meeting, *Journal of Chemical Education*, **68** (12), 1027-1028, 1991.
- SIKOSSEK, D. *Teaching and learning Chemistry through didactic games in Chemistry: the Key to the Future*. Proceedings of the 13th International Conference on Chemical Education (Ed. by P. Towse), IUPAC, 227-229, 1995.
- SKATOVA, N.; ROMAN, V. Complejo didáctico de los juegos ocupacionales, *Química y Escuela (Moscú)*, **6**, 32-34, 1991, en ruso.
- SOSA FERNÁNDEZ, P. Un banco muy especial, *Educación Química*, **8** (2), 112-113, 1997.
- SWAIN, D. Acrostic puzzles in the classroom, *Journal of Chemical Education*, **83** (4), 589, 2006.
- TEJADA, S.; PALACIOS, J. Chemical elements bingo, *Journal of Chemical Education*, **72** (12), 1115-1116, 1995.
- THAMBURAJ, P. K. Known-to-Unknown Approach to Teach about Empirical and Molecular Formulas, *Journal of Chemical Education*, **78** (7), 915, 2001.
- TUBERT, I. Crucigrama elemental, *Educación Química*, **9** (6), 379, 1998.
- WADDELL, T. G.; RYBOLT, T. R. The chemical adventures of Sherlock Holmes: A Christmas Story, *Journal of Chemical Education*, **68** (12), 1023-1024, 1991.
- WADDELL, T. G.; RYBOLT, T. R. The chemical adventures of Sherlock Holmes: Autopsy in blue, *Journal of Chemical Education*, **81**, 497, 2004.
- WIRTZ, M. C.; KAUFMANN J.; HAWLEY, G. Nomenclature made practical: Student discovery of the nomenclature rules, *Journal of Chemical Education*, **83** (4), 595, 2006.
- YAGER, R. E. The constructivist learning model, towards real reform in science education, *The Science Teacher*, **58** (6), 52-57, 1991.
- ZUEVA, M.; IVANOVA, B. *Mejoramiento de la actividad docente de los alumnos en clases de química*, Prosveschenie, Moscú, 1989, en ruso.

Received: 17.07.2007 / Approved: 20.04.2008