

¿Qué enseñar en secundaria sobre la tabla periódica?

Què es pot ensenyar a secundària sobre la taula periòdica?

What to teach to secondary education students about the periodic table?

Antonio Joaquín Franco-Mariscal / IES Juan Ramón Jiménez (Málaga)

José María Oliva-Martínez / Universidad de Cádiz. Departamento de Didáctica



resumen

Se analizan los resultados de una investigación sobre qué contenidos se pueden enseñar en secundaria en el tema de la tabla periódica. La recogida de información se realizó a través de una consulta a expertos e investigadores en didáctica de las ciencias mediante cuestionarios escritos y entrevistas individuales semiestructuradas. Se deduce que el tema debe incluir estos contenidos: a) propiedades físicas de los elementos y propiedades químicas de los compuestos; b) regularidad, orden y periodicidad; c) interpretación de la tabla periódica en función de la estructura atómica; d) presencia de los elementos en la vida diaria; e) revisión histórica de la clasificación de los elementos, y f) naturaleza de la ciencia. Se presentan también diferentes propuestas de secuenciación de estos contenidos y algunas implicaciones didácticas.

palabras clave

Educación secundaria, qué enseñar, tabla periódica, elementos químicos, unidad didáctica.

resum

S'analitzen els resultats d'una investigació sobre quins continguts es poden ensenyar a secundària en el tema de la taula periòdica. La recollida d'informació es va realitzar a través d'una consulta a experts i investigadors en didàctica de les ciències mitjançant qüestionaris escrits i entrevistes individuals semiestructurades. Es dedueix que el tema ha d'incloure aquests continguts: a) propietats físiques dels elements i propietats químiques dels compostos; b) regularitat, ordre i periodicitat; c) interpretació de la taula periòdica en funció de l'estructura atòmica; d) presència dels elements en la vida diària; e) revisió històrica de la classificació dels elements, i f) naturalesa de la ciència. Es presenten també diferents propostes de seqüenciació d'aquests continguts i algunes implicacions didàctiques.

paraules clau

Educació secundària, què es pot ensenyar, taula periòdica, elements químics, unitat didàctica.

abstract

The results of research about which contents of the periodic table topic can be taught in secondary education are analyzed. Data collection was conducted through an enquiry to some experts and researchers in science education through written questionnaires and semi-structured individual interviews. The lesson had to include specific contents: physical properties of elements and chemical properties of the compounds; regularity, order and periodicity; interpretation of the periodic table in terms of atomic structure; presence of elements in daily life; historical review of the classification of the elements, and finally the nature of science. Different proposals for sequencing these contents as well as some educational implications are also presented.

keywords

Secondary education, what to teach, periodic table, chemical elements, teaching unit.

Planteamiento del problema

La forma en la que los docentes de secundaria enseñan hoy en día la química está marcada por varias causas, entre las que destacan la formación inicial de los profesores y la influencia de los libros de texto. Según Villaveces (2001), cabe subrayar dos factores: por un lado, la heterogeneidad de las facultades de educación y química, así como de los libros de texto; por otro lado, el trabajo de grupos de docentes que han asumido el problema y han ido generando diversas maneras de entenderlo y desarrollarlo, con variados resultados y conclusiones.

Por su parte, la didáctica de las ciencias ha dedicado bastante tiempo a esclarecer qué contenidos se deben enseñar a los estudiantes. Así, dentro del currículo de química, ha habido importantes debates sobre qué enseñar en determinados ámbitos, como la naturaleza de la materia (Hierrezuelo y Montero, 1991), la estructura atómica (Villaveces, 2001) o el cambio químico (Martín del Pozo, 2001; Gómez-Crespo, 2007). Incluso en los últimos años se ha cuestionado la idoneidad de los diferentes currículos para mostrar la ciencia tal y como se presenta en la vida cotidiana y en los medios de comunicación, así como las escasas oportunidades que se ofrecen a los estudiantes para que puedan expresar sus opiniones respecto a temas científicos actuales (Millar y Osborne, 1998). En este sentido, Caamaño (2007) analizó el currículo actual de ciencias, apuntando algunos criterios útiles para la selección y secuenciación de contenidos.

A pesar de la amplia diversidad de opiniones sobre el qué enseñar, existen algunos temas, como el de la tabla periódica, donde el debate puede considerarse más escaso. De ahí, que este trabajo intente dar respuesta a

qué contenidos deberían incluirse en una unidad didáctica sobre la tabla periódica para el nivel de secundaria. Dentro de las distintas formas posibles de abordar el estudio, se ha optado por la consulta a profesores e investigadores en educación química.

Criterios y procedimientos de la recogida de la información

Este artículo se inserta dentro del marco más amplio de una tesis doctoral sobre el uso de juegos educativos en la enseñanza de la tabla periódica (Franco-Mariscal, 2011). Como paso previo, era preciso delimitar los contenidos que deben incluirse en una unidad didáctica sobre este tema, así como conocer las dificultades de aprendizaje de los alumnos en estos tópicos (Franco-Mariscal y Oliva-Martínez, 2012; Franco-Mariscal y Oliva-Martínez, 2013a), para posteriormente diseñar una unidad centrada en recursos lúdicos (Franco-Mariscal y Oliva-Martínez, 2013b) con la que intentar mejorar el aprendizaje de los estudiantes y favorecer el desarrollo de actitudes positivas hacia las ciencias.

El procedimiento empleado para delimitar los contenidos fue una consulta a profesores e investigadores en el campo de la educación química. Concretamente, la muestra consistió en trece profesores, licenciados en Ciencias Químicas, muchos de ellos doctores, con una dilatada experiencia en el ejercicio docente y, en muchos casos, en el campo de la investigación en didáctica de la química. Todos ellos se encuentran en activo e imparten docencia en educación secundaria y/o en la universidad.

Para la recogida de información se utilizaron dos técnicas: cuestionarios escritos de preguntas abiertas y entrevistas individuales semiestructuradas. Las preguntas utilizadas, recogidas

en el anexo del presente artículo, tenían por objeto analizar opiniones acerca de qué y cómo enseñar el tema de la tabla periódica en secundaria, diagnosticando también qué dificultades más importantes se suelen encontrar en su proceso de enseñanza-aprendizaje. Este trabajo solo se centrará en qué enseñar, ya que los otros aspectos han sido objeto de otra publicación (Franco-Mariscal y Oliva-Martínez, 2012; Franco-Mariscal y Oliva-Martínez, 2013a).

De qué contenidos estamos hablando

Este apartado aborda los contenidos que, según los profesores consultados, debería incluir el tema de la tabla periódica a nivel de secundaria, así como las distintas propuestas de secuenciación en torno a dichos contenidos.

Contenidos según los profesores consultados

De la información recopilada se deduce que los contenidos propuestos para este tema se pueden agrupar en seis bloques: a) propiedades físicas de los elementos y propiedades químicas de los compuestos; b) regularidad, orden y periodicidad; c) interpretación de la tabla periódica en función de la estructura atómica; d) presencia de los elementos químicos en la vida diaria; e) revisión histórica de la clasificación de los elementos, y f) naturaleza de la ciencia: aspectos metodológicos y axiológicos. Son todos ellos aspectos que reflejan, a nuestro entender, elementos esenciales del aprendizaje en este ámbito y que cubren facetas relativas tanto al aprendizaje de la tabla periódica en sí (a y b) como a su utilidad y contextualización (c y d), así como al desarrollo histórico y la naturaleza de la química (e y f).

A continuación se comenta cada uno de los bloques ilustrándolos con respuestas literales proporcionadas por los expertos consultados.

a) Propiedades físicas de los elementos y propiedades químicas de los compuestos

Los profesores consultados estuvieron de acuerdo en que, en los primeros cursos, el alumnado debía familiarizarse con los elementos químicos, conociendo solo un número limitado de ellos, en torno a unos treinta, los más importantes, como otros autores también recogen en la bibliografía (Repetto, 1985):

Lo primero que tiene que hacer un alumno es familiarizarse con el sistema periódico. En primer lugar, les pedimos que memoricen los nombres y los símbolos de los elementos de los tres primeros períodos y algunos otros de uso habitual en la vida diaria, y luego, poco a poco, a memorizar posiciones y reconocer las periodicida-

des más simples. Eso facilitaría su estudio más avanzado en el bachillerato (sujeto 5) (fig. 1).

Posteriormente, se pasaría al estudio de las propiedades que sirven de referencia para clasificar los elementos químicos, considerado este por los expertos como una dimensión fundamental:

Me funciona muy bien que cada alumno elija un elemento de los más comunes y haga una breve presentación a sus compañeros (hay que indicarles muy bien en qué propiedades y usos fijarse, porque buscan en Internet y encuentran características que no entienden) (sujeto 4).

Algunos coincidían en que deben abordarse las propiedades físicas más importantes de los elementos, como su estado de agregación o su apariencia, mientras que otros indicaban que debían trabajarse las propiedades químicas de los compuestos. En particular, en 4.º de ESO, la

estequiometría de hidruros y óxidos, que permite establecer regularidades entre elementos del mismo grupo:

Las fórmulas de los compuestos de los elementos y sus regularidades deben ser tratadas en este tema. Las fórmulas de los hidruros se introducirán como XH_n y las de los óxidos, como X_mO_n . Me parece que no se puede alcanzar la tabla periódica y su comprensión sin mirar las fórmulas de los compuestos, como lo hizo Mendeléiev (sujeto 8).

Se considera importante que los estudiantes, desde sus primeros contactos con el estudio de la química, se familiaricen con las fórmulas de los compuestos, aspecto que suele quedar en segundo plano, eclipsado por el hegemónico papel que se suele conceder a las normas de formulación y nomenclatura química.

En otros casos, se aludió a la necesidad de conocer y familiarizarse con determinadas propieda-

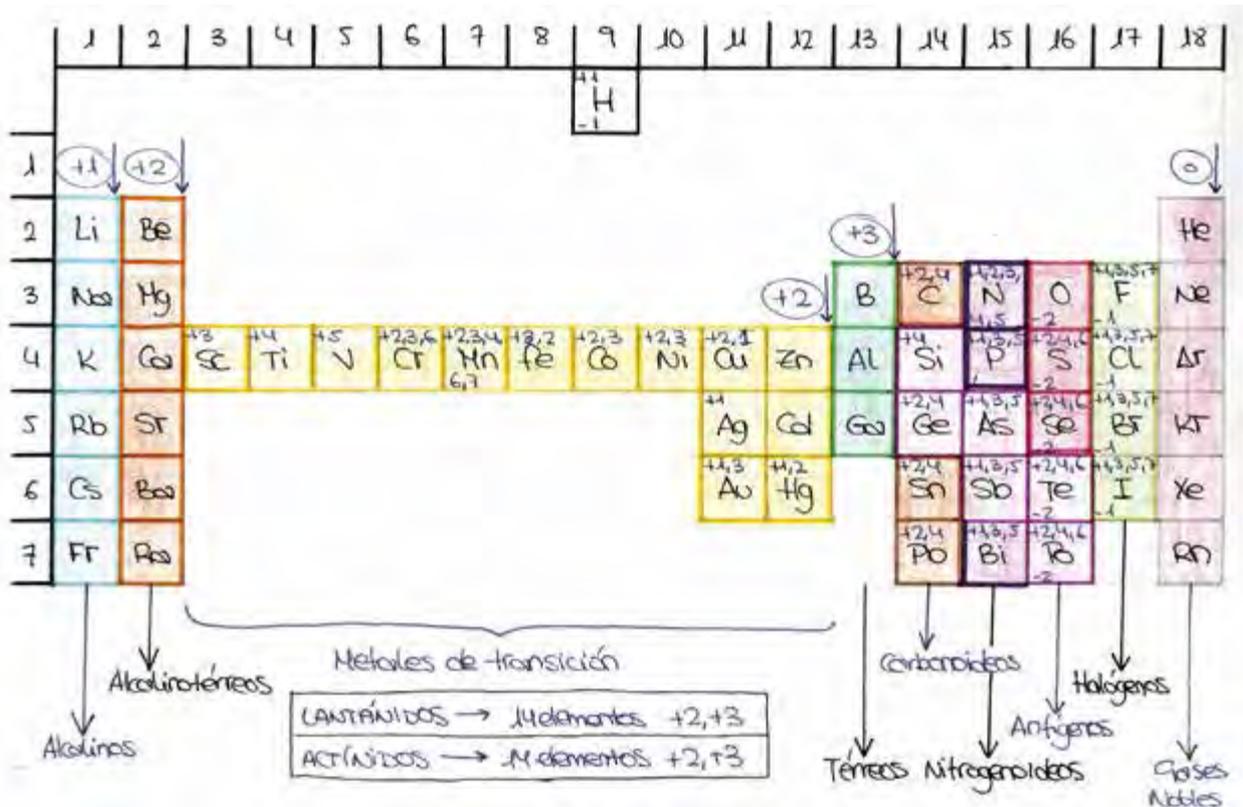


Figura 1. Portafolio de un estudiante mostrando los elementos más importantes de la tabla periódica.

des como factores clave de la clasificación:

Antes de introducir la tabla periódica, los alumnos deben ser competentes en reconocer los metales y conocer sus aplicaciones, basadas en propiedades características, algunas de las cuales (densidad, punto de fusión, etc.) se pueden introducir en el primer ciclo (sujeto 10).

Ello nos remite también a la necesidad de desarrollar en los alumnos conocimientos procedimentales, y no solo de tipo conceptual y actitudinal.

Por otra parte, fueron escasas las alusiones a la consideración de propiedades atómicas como criterios de clasificación, probablemente por el alto grado de abstracción que conlleva su estudio. En los pocos casos en que se hizo alguna referencia, se planteaba como un abordaje muy somero y superficial.

b) Regularidad, orden y periodicidad

La clasificación de los elementos químicos de acuerdo con sus propiedades, eje de las distintas versiones de la tabla periódica, parte de la combinación de tres ideas clave mencionadas de forma explícita por los consultados. Una de ellas se refiere a la regularidad de las propiedades, de forma que los distintos elementos, aun difiriendo en sus propiedades, presentan también similitudes, dado que se repiten con matices a lo largo de la tabla, lo que da sentido en sí mismo a la idea de *clasificar*. Precisamente, uno de los aspectos clave que hay que abordar con los alumnos es mostrarles la utilidad que tiene dicha tarea de clasificación:

El objetivo es que vaya reconociendo ciertas regularidades y cómo el sistema periódico puede ser una fuente de información. Se trata solo de

reconocer para, en cursos posteriores, ir profundizando en ello (sujeto 5).

La necesidad de clasificar, buscar semejanzas y diferencias, cuando se tienen muchos ejemplares del mismo tipo. En este caso, cuando los químicos comienzan a conocer muchas sustancias simples o elementos (sujeto 11).

La segunda idea se refiere a la ordenación de los elementos según alguna propiedad distintiva, masa atómica o número atómico, que sirven para ordenar los elementos de menor a mayor complejidad, siendo este también un factor que hay que trabajar (la búsqueda de criterios para hacer una clasificación):

En 3.º de ESO ya es bastante que se aprendan que están ordenados por el número atómico (sujeto 2).

Se debe tratar la ordenación y clasificación de algunas propiedades según el número atómico (sujeto 1).

La tercera idea consiste en la repetición de propiedades dentro de esa ordenación (periodicidad), lo que hace posible encontrar, cada cierto número de elementos, propiedades semejantes y, con ello, tabularlos y encontrar características comunes en elementos de una misma familia:

Se debe abordar «¿Qué significa *periodicidad*?» y «¿Cuándo decimos que algo “es periódico”?» (sujeto 8).

Algunos profesores aludieron al uso de analogías y símiles para abordar la idea de *periodicidad* a través de situaciones cotidianas en las que se producen repeticiones y regularidades en las rutinas y hechos que nos ocurren:

Podemos empezar por el concepto de *periodicidad*, con ejemplos temporales, como «el día y la noche» o el

partido de fútbol como compromiso «semanal», o de otra índole, como la periodicidad de tres en «las ternas de tríos cantantes de boleros», donde el cuarto fulano en la fila pertenece a otro trío, o «las octavas musicales», donde tras una escala del do al si se vuelve a repetir en la escala siguiente. Me parece que este tema introductorio es fundamental para captar el concepto de *periodicidad* (sujeto 8).

Se considera que la idea de *periodicidad* se debe explicar en los primeros cursos desde una perspectiva macroscópica, evitando el tratamiento de las propiedades atómicas:

Como un paso más de profundización [en 3.º o 4.º de ESO], dentro del contexto macroscópico, creo necesario hacer alusión a la ordenación de los elementos según algunas de sus propiedades físico-químicas (conductividad eléctrica, brillo, color, densidad, etc.) (sujeto 3).

c) Interpretación de la tabla periódica en función de la estructura atómica

En general, los expertos consideraban que el análisis de la conexión entre las propiedades de los elementos y su configuración electrónica no es un aspecto que se considere necesario abordar, ni siquiera conveniente, en los primeros acercamientos al tema. Incluso se plantea que los propios estudiantes «descubran» esta correlación entre configuración electrónica y posición en la tabla:

Haciendo un cuadro general de los grupos largos, pueden deducir que los elementos del mismo grupo se parecen entre sí, sin saber que la causa es la configuración electrónica, que no soy partidaria de introducir hasta 1.º de bachillerato. ¡Es cuántica! (sujeto 4).

Si acaso, convendría empezar el análisis de los distintos com-

portamientos de los elementos formulando problemas sobre su composición, diferencias y regularidades apreciadas entre ellos. Este planteamiento también parece considerarse válido para niveles superiores, al contribuir al desarrollo del pensamiento causal, dando un sentido a los aspectos teóricos estudiados:

Me parece interesante mostrar en 4.º de ESO la búsqueda de justificación a las semejanzas de algunos elementos y de las propiedades de algunas sustancias simples constituidas por ellos, algo muy ligado al desarrollo de la teoría de la estructura corpuscular de la materia y al establecimiento de la estructura interna de los átomos (sujeto 7).

Parece ser que es en 3.º de ESO, y una vez estudiados los modelos atómicos más sencillos, donde se podría empezar a abordar la relación existente entre la clasificación de los elementos y la estructura interna del átomo, comenzando por la identificación de elementos a través del número atómico:

Una vez introducido un modelo atómico que tenga en cuenta la relación de los fenómenos eléctricos con la materia y, por tanto, la divisibilidad del mismo, conviene indicar que los criterios de clasificación en el sistema periódico están relacionados con la estructura de los átomos. No hay por qué referirse a la conexión que existe entre la tabla periódica y las configuraciones electrónicas, ni tan siquiera mencionar las mismas. Solo habría que trabajar sobre el número de protones como número de orden [3.º de ESO] (sujeto 4).

Parece existir un consenso generalizado en considerar que es en 4.º de ESO, y sobre todo en bachillerato, cuando se debe empezar a interpretar la tabla periódica desde las configuracio-

nes electrónicas. En 4.º de ESO se optaría por un enfoque cualitativo y precuántico, utilizando simplemente un modelo de capas y la regla del octete:

Como profundización máxima en secundaria obligatoria (hasta los dieciséis años), creo interesante justificar la ordenación de los elementos atendiendo a la configuración electrónica de su última capa (nivel microscópico), pero desde una perspectiva eminentemente cualitativa y precuántica (sujeto 3).

En cursos siguientes, ir profundizando hasta llegar a la justificación de esa clasificación y el orden a través de la configuración electrónica (sujeto 9).

Como puede verse, en secundaria (concretamente, en 4.º de ESO) se limita dicha relación al análisis del número de electrones de la última capa, en conexión con la regla del octete, identificando elementos que tienen tendencia a ganar o perder electrones. Se insiste en analizar en este curso la composición de la última capa, correlacionando el número de niveles con el período, y el número de electrones de esa última capa con el grupo del elemento, en el caso de los grupos largos:

En 4.º de ESO, relacionar el período con el máximo número de niveles y el grupo con el número de electrones del último nivel. Solo en 2.º de bachillerato, cuando se aborde el modelo cuántico del átomo y las configuraciones electrónicas, cabría relacionar estas con el sistema periódico (sujeto 4).

Más que justificar las propiedades con la configuración electrónica directamente, se trataría de correlacionar la posición del elemento en la tabla con la configuración electrónica de la última capa:

Por ejemplo, les digo: «Elige dos elementos del segundo período y dime qué tienen en común». «Pues este tiene dos capas, en la segunda capa tiene tres electrones y el otro siete» (sujeto 2).

Además, para estos niveles, se limita el estudio solo a los primeros períodos, al objeto no solo de que se cumpla la regla del octete, sino también que se pueda obviar la regla de Möller, al situar electrones en los diferentes niveles:

Ya había tratado antes la configuración electrónica de los elementos más sencillos hasta la tercera capa, simplemente dándoles el orden de capacidad de cada capa (2, 8, 8). Con esto, como mucho, pueden llegar a veintitantos, que creo es el calcio, diciéndoles: «Pues mira, los que sobren van a la cuarta», sin hacer la regla de Möller (sujeto 2).

En general, se considera que no es hasta bachillerato cuando la justificación de la correlación existente entre propiedades, posición y configuración electrónica cobra todo su sentido.

d) Presencia de los elementos químicos en la vida diaria

Una gran parte de los profesores consultados coincidieron en considerar como una parte esencial del tema la identificación y valoración de la presencia de los elementos más importantes en su entorno, para encontrar una vinculación entre lo que los alumnos estudian y el mundo que les rodea:

Se podría utilizar una versión de la tabla periódica que representase productos o artefactos cotidianos (existen tablas periódicas didácticas de este tipo) (sujeto 3).

Se es sensible desde aquí a las influyentes corrientes actuales en didáctica de las ciencias que

Se pueden incluir algunas notas o comentarios relativos a aspectos históricos (como alguna anécdota sobre la vida de Mendeléiev) (sujeto 9).

En otros casos, se va más allá y se considera como un organizador previo en la introducción de contenidos. En este caso, no se trata solo de motivar al alumnado, sino que se convierte en una estrategia que facilita el propio proceso de comprensión. Más aún, algunos de los consultados se manifestaron partidarios de emplear la historia de la ciencia como eje aglutinador del tema, como una forma de plantear los problemas que surgieron:

Optar por un enfoque histórico, indicando que, antes de manejar el concepto de *átomo*, los científicos clasificaron las sustancias elementales a partir de sus propiedades macroscópicas y que la clasificación basada en esto es coincidente con la basada en las características de los átomos (sujeto 4).

Sin embargo, aunque la dimensión histórica se consideraba como un ingrediente sugerente en el proceso de enseñanza, en general no se optaba por ella como forma de secuenciar los contenidos. Así, una parte de los consultados manifestaron abiertamente no sentirse partidarios de realizar, en un primer acercamiento, un estudio exhaustivo de todas las propuestas (Lavoisier, Döbereiner, Newlands, De Chancourtois, Mendeléiev, Meyer), sino solo de algunas de ellas, entre las que era de obligado cumplimiento introducir la propuesta de Mendeléiev:

Entrevistador: ¿Trabajas, por ejemplo, las tríadas de Döbereiner o el caracol telúrico, en esa evolución histórica?

Sujeto 2: No, solo de pasada. Simplemente lo leemos, les comento

un poco qué significa, como una lectura histórica.

Por último, algunos profesores propusieron un enfoque inverso, en el que se abordaría la historia de la tabla periódica a partir de su periodicidad:

En general, como no se dispone de suficiente tiempo para trabajar con ella y desarrollarla, solo confunde a los alumnos. Es preferible trabajar directamente la periodicidad y luego dar sentido a la historia (sujeto 5).

f) *Naturaleza de la ciencia: aspectos metodológicos y axiológicos*

Otro aspecto de atención fue la naturaleza de la ciencia, aludiéndose tanto a facetas relativas a la metodología de la ciencia como a aspectos axiológicos, esto es, factores relacionados con actitudes y valores científicos. Uno de los consultados presentó este tema como una ocasión interesante para mostrar la racionalidad y el orden en la ciencia, es decir, su capacidad para aglutinar «sistemáticamente» una gran cantidad de información en un reducido número de ideas. Esta cualidad es típica y fundamental en la ciencia, y constituye uno de los elementos clave en los procesos de modelización. Su comprensión se considera como un posible objetivo en sí mismo:

El objetivo es que vaya reconociendo ciertas regularidades y cómo el sistema periódico puede ser una fuente de información. Se trata solo de reconocer para, en cursos posteriores, profundizar (sujeto 2).

A la necesidad de disponer de un conocimiento sistemático, se suma la curiosidad científica como posible motor del conocimiento. La percepción del alumno acerca del poder aglutinador de información que tiene la tabla

periódica podría desarrollarse más analizando su utilidad para hacer interpretaciones y predicciones:

¿Qué uso se le va a dar a la tabla periódica? Si se queda como un instrumento donde memorizas colocaciones y demás... Si no le das ningún uso práctico, no tiene ningún sentido para ellos: es como obligarles a aprender algo que no tiene sentido (sujeto 1).

Se percibe también este tema como una buena ocasión para ilustrar la robustez de los modelos y las teorías de la ciencia, entendiendo por ello su capacidad de resistir ataques e intentos de refutación, como también su posibilidad de ajustarse y transformarse para seguir vigentes:

En bachillerato, me parece muy importante resaltar que el sistema periódico «resiste victorioso» todos los avances de la ciencia: el descubrimiento de nuevos elementos, el descubrimiento del número atómico y el advenimiento de la mecánica cuántica (números cuánticos), a la que incluso consolida (sujeto 6).

En algún caso, incluso se hace recaer en el propio lenguaje científico el poder aglutinador del que venimos hablando, viéndose en ello también un sentido para el aprendizaje:

El objetivo de la enseñanza de la periodicidad es reconocer el lenguaje de la química y así entender la información que contiene la tabla periódica, como organizadora por excelencia de las características y propiedades de los elementos químicos, y la forma en la que estos pueden combinarse por medio del enlace químico (sujeto 10).

Asimismo, el estudio del tema es percibido como una ocasión para analizar las características

del trabajo científico. Las cuestiones que se plantean los científicos, los problemas que dan lugar a la investigación y los interrogantes y dudas que surgen en el camino se perciben como motor de los avances científicos:

Merece la pena comprender qué preguntas se hacían, qué problemas tenían planteados que dieron lugar a la necesidad de organizar los elementos, cómo evolucionaron las ideas que se tenían, con qué dificultades se encontraron, por qué resultó tan útil desde el principio, etc. Se trata de devolver el carácter de aventura que constituye la construcción del conocimiento científico también en este tema (sujeto 6).

Finalmente, y bajo otra acepción de la idea de *utilidad de la clasificación periódica*, tenemos la posibilidad de ilustrar las relaciones entre ciencia y tecnología, que ofrece una vertiente clara para aportar una perspectiva CTS.

Propuestas de secuenciación de contenidos

Este apartado completa el análisis de los expertos sobre los contenidos curriculares ofreciendo diferentes propuestas de secuenciación en torno a los aspectos considerados.

No para todos los sujetos consultados fue sencillo establecer una secuencia didáctica clara que representase sus ideas. La tabla 1 presenta las propuestas de secuenciación previstas por seis de los docentes (concretamente, aquellos cuyo planteamiento se mostraba más nítido). Los contenidos afines en cada propuesta se identifican con el mismo color. Como se observa, aunque los contenidos son prácticamente los mismos en todas ellas, los profesores prefieren secuenciarlos de diferentes formas. La casuística es muy amplia, sin que lleguen a apre-

ciarse dos secuencias idénticas, ni siquiera similares, pero, a pesar de la variabilidad de propuestas, hay algunas pautas que se repiten y que convendría comentar.

En general, predominan las propuestas en las que se comienza con la familiarización de la estructura de la tabla periódica actual, así como de los nombres y símbolos de los elementos y de su posición en la tabla (en especial, los sujetos 4, 5 y 7). No obstante, en algún caso (sujeto 8), la secuencia que se propone posterga ese tópico al final. Mientras tanto, lo más frecuente es que los aspectos vinculados a la interpretación de la tabla periódica a partir de las configuraciones electrónicas se traten al concluir la secuencia (sujetos 3, 4, 5 y 9). Este esquema responde a la secuencia de partir de los aspectos estructurales manejables, para terminar el tema con los aspectos más abstractos o formales. Quizás la secuencia prototípica que mejor representa un esquema inductivo es la del sujeto 9, en que se empieza con el análisis de la diversidad de elementos y de las propiedades de algunos de ellos junto con el interés por clasificarlos. Dicho esquema termina justamente con el estudio de la relación entre propiedades y configuraciones electrónicas.

Frente a este esquema, encontramos otro que parece basarse en el enfoque histórico como hilo conductor (sujeto 8). En este caso, se comienza con la idea de *periodicidad*, para pasar luego a la estequiometría de los compuestos químicos, su sistematización teórica a través de la tabla de Mendeléiev y, finalmente, a la tabla actual. En resumen, parece que las secuencias propuestas se rigen en su mayoría por un enfoque inductivo que pasa de lo más visible e inmedia-

to a lo más lejano y abstracto. En su defecto, otros esquemas prefieren basarse en el desarrollo histórico de estos contenidos.

Implicaciones didácticas

Los resultados del estudio parecen indicar que el nivel más adecuado para iniciar en secundaria un estudio de forma intensiva sobre la tabla periódica debe ser 4.º de ESO, ya que, de abordarse en cursos inferiores, se agudizaría la dificultad de algunos contenidos. De este modo, el tema supone manejar nociones (valencia, afinidad electrónica, potencial de ionización, etc.) que no son directamente perceptibles por nuestros sentidos y que requieren pensamiento formal, que muchos alumnos no poseen hasta al menos los dieciséis años (4.º de ESO). Por otro lado, debemos reconocer que algunos de los aspectos más abstractos que se suelen abordar en este tema no son básicos para la comprensión ciudadana, sino que irían más bien orientados hacia una formación específica para futuras opciones de ciencias en bachillerato y en la universidad. Nos referimos particularmente a aspectos como la interpretación y predicción de las propiedades de los elementos y su ubicación en la tabla periódica sobre la base de su estructura electrónica. El hecho de optar por eludir un enfoque más complejo antes de 4.º de ESO tiene la ventaja de que es justo en ese curso cuando la materia de física y química tiene ya carácter optativo, suponiéndose que los alumnos que la eligen tienen ya una orientación hacia ramas de ciencias.

Desde nuestro punto de vista, el estudio de este tema entre 1.º y 3.º de ESO debería limitarse simplemente a que los alumnos se familiarizaran con los nombres y símbolos de los elementos

Tabla 1. Propuestas de secuenciación de contenidos de algunos de los expertos consultados.

	Sujeto 3	Sujeto 4	Sujeto 7	Sujeto 5	Sujeto 9	Sujeto 8
1	Evolución histórica.	Elementos existentes: ejemplos y familiarización con la tabla periódica.	Familiarización con la estructura de la tabla periódica actual: nombres, símbolos de los elementos y su posición en la tabla.		Diversidad de elementos. Diversidad y ejemplo de propiedades de algunos elementos. Utilidad de clasificarlos.	Periodicidad.
2	Reconocimiento de elementos en materiales de nuestro entorno y su utilidad.	Número de protones y lugar del elemento en la tabla periódica.	La tabla periódica como instrumento de sistematización de las propiedades de los elementos.	La estequiometría de sus compuestos como propiedad sobre la que detectar regularidades. Correlación con el grupo al que pertenece en la tabla periódica.	Familiarización con la estructura de la tabla periódica actual: nombres, símbolos de los elementos y su posición en la tabla.	La estequiometría de sus compuestos como propiedad sobre la que detectar regularidades (óxidos e hidruros).
3	Ordenación de elementos según propiedades macroscópicas.	(En 4.º de ESO.) Perspectiva histórica: las primeras tablas periódicas como intentos de clasificar las propiedades macroscópicas de los elementos.	Número de protones y lugar del elemento en la tabla periódica.	Relación entre propiedades de los elementos y configuraciones electrónicas.	(En cursos superiores.) Relación entre propiedades de los elementos y configuraciones electrónicas.	Tabla periódica de Mendeléiev.
4	(En 4.º de ESO.) Justificación de la ordenación periódica a partir de las configuraciones electrónicas.	Correlación entre el número de niveles de energía y el período, y entre el número de electrones de la última capa y el grupo.		Relación con la actual de otras tablas periódicas surgidas en la historia de la ciencia.		Estructura de períodos en la tabla periódica actual.
5		(En 2.º de bachillerato.) Relación entre configuraciones electrónicas y tabla periódica.				

químicos, así como con su identificación en la vida cotidiana. Así se evitaría que la gran cantidad de información que

acapara el tema, especialmente el gran número de elementos presentes en la tabla periódica, su memorización y el posible

significado vacío que el alumno aprecia en lo que ha de aprender, pudiera constituir una fuente de dificultad para ciertos estudian-

tes. Planteado de esta manera, la memorización de la tabla periódica en los primeros contactos con la química dejaría de ser una dificultad en sí misma, como parece serlo habitualmente, según una gran parte de los docentes consultados, que consideran el abordaje prematuro de estos aspectos como un obstáculo para interesar a los alumnos en la química y su aprendizaje.

Referencias

- CAAMAÑO, A. (2007). «El currículo de física y química en la educación secundaria obligatoria en Inglaterra y Gales, Portugal, Francia y España». *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 53: 22-37.
- CAÑAL, P. (2006). «La alfabetización científica en el aula». *Investigación en la Escuela*, 60: 3-6.
- FRANCO-MARISCAL, A. J. (2011). *El juego educativo como recurso didáctico en la enseñanza de la clasificación periódica de los elementos químicos en educación secundaria*. Tesis doctoral. Cádiz: Universidad de Cádiz.
- FRANCO-MARISCAL, A. J.; OLIVA-MARTÍNEZ, J. M. (2012). «Dificultades de comprensión de nociones relativas a la clasificación periódica de los elementos químicos: La opinión de profesores e investigadores en educación química». *Revista Científica*, 16(2): 53-71.
- (2013a). «Evolución en el alumnado de la idea de elemento químico a lo largo del bachillerato». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(3): 353-376.
- (2013b). «Diseño de una unidad didáctica sobre los elementos químicos». *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 74: 57-67.
- GÓMEZ-CRESPO, M. A. (2007). *Aprendizaje e instrucción en química: El cambio de las representaciones de los estudiantes sobre la materia*. Madrid: Ministerio de Educación.
- HIERREZUELO, J.; MONTERO, A. (1991). *La ciencia de los alumnos*. Vélez; Málaga: Elzevir.
- MARTÍN DEL POZO, R. (2001). «Lo que saben y lo que pretenden enseñar los futuros profesores sobre el cambio químico». *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2): 199-215.
- MILLAR, R.; OSBORNE, J. (ed.) (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. Londres: King's College School of Education.
- REID, D. J.; HODSON, D. (1993). *Ciencia para todos en secundaria*. Trad. de M. J. Martín-Díaz y L. A. García-Lucía. Madrid: Narcea. [Versión original: *Science for all*. Londres: Casell, 1989]
- REPETTO, E. (1985). «Didáctica de la formulación química en EGB». *Guiniguada*, 2: 11-19.
- VILLAVECES, J. L. (2001). «La enseñanza de la estructura de los átomos y las moléculas». *Tecné, Episteme y Didaxis*, 9: 108-118.

Anexo. Cuestionario empleado para la consulta a expertos e investigadores en didáctica de las ciencias

1. ¿En qué curso debería empezarse a abordar el tema de la clasificación periódica de los elementos? ¿Qué contenidos deberían introducirse y en qué orden en los cursos más tempranos en los que dicho tema se aborde?
2. ¿Cómo deberían abordarse estos temas con los alumnos? ¿Qué metodología y qué recursos deberían utilizarse?
3. ¿En qué medida crees que este tema resulta atractivo para los alumnos y en qué medida suelen sentirse motivados hacia él? ¿Qué aspectos resultan para los alumnos más atractivos? ¿Cuáles resultan más áridos?

4. ¿A qué crees que es debido que a los alumnos les resulten áridos algunos de los aspectos que se abordan en este tema?

5. ¿Crees que se trata de nociones complejas para los alumnos? ¿Cuáles son las nociones que consideras que son más difíciles y complejas dentro de este ámbito?

6. ¿A qué crees que se deben sus dificultades? ¿Qué obstáculos detectas para el aprendizaje de este tema por los alumnos?



José María Oliva-Martínez

Es licenciado en Ciencias Químicas y doctor en Ciencias Físicas. En la actualidad, ejerce como profesor titular de universidad del área de didáctica de las ciencias experimentales, si bien es también catedrático en excedencia de física y química de educación secundaria. Sus campos de interés son la utilización de analogías, la modelización y la enseñanza-aprendizaje mediante recursos y contextos no formales.
C. e.: josemaria.oliva@uca.es.



Antonio Joaquín Franco-Mariscal

Es licenciado en Ciencias Químicas, doctor por la Universidad de Cádiz y profesor de física y química de educación secundaria. Sus campos de interés son la enseñanza-aprendizaje de la química a través de juegos educativos y la competencia científica.
C. e.: antoniojoaquin.franco@uca.es.