

El sistema periódico y su relación con la vida cotidiana. Parte I

Rosa Valero Molina

Resumen: Este artículo trata de relacionar los elementos del sistema periódico con los alimentos, así como mostrar las funciones que desempeñan en el organismo. Para los elementos que no poseen uso alimentario se indicará si son o no radioactivos y alguna aplicación en otra área. El objetivo es hacer a los estudiantes de ciencias más atractivo e intuitivo el aprendizaje de la química, relacionando un aspecto teórico como la tabla periódica con la presencia de los diferentes elementos químicos en la vida cotidiana.

Palabras clave: Alimentación, salud, química bioinorgánica, toxicidad, aplicaciones de los elementos.

Abstract: This article deals with the relationship of the periodic system with the food as well as the way food interact with the human body. In the cases of elements without application in the food area, we will indicate whether the element possesses radioactivity and some application in other fields. The main purpose of this article is to make more attractive and approachable the studies of the chemistry to the students of science, establishing practical relations between the periodic table and the chemical components of our daily life.

Keywords: Feeding, health, bioinorganic chemistry, toxicity, applications of the elements.

Introducción

En 1869 el químico ruso Dimitri Ivánovich Mendeléiev (1834-1907)^{1,2} y el químico alemán Julio Lothar Meyer (1830-1895) propusieron de manera independiente una ordenación de los 66 elementos químicos conocidos. Esta ordenación se basaba en una repetición periódica de sus propiedades; tomaron como criterio ordenador el peso atómico de los elementos. Estas investigaciones constituyeron una de las aportaciones más importantes en la química del siglo XIX.

Desde que el químico italiano Cannizzaro (1811-1910) diera a conocer en 1860 (Congreso de Kalsruhe) sus resultados sobre la determinación de diversas masas atómicas (en aquella época, denominados pesos atómicos), fueron muchos los científicos que intentaron buscar un orden que permitiera organizarlos.³ Dos jóvenes químicos de aquella época, Meyer y Mendeléiev⁴ supieron aprovechar las ideas avanzadas por Cannizzaro para la construcción de la tabla periódica. Realmente, tal como explica Esteban, en su libro *Historia del sistema periódico*,⁵ la génesis del mismo fue un largo y complejo proceso en el que tomaron parte numerosos científicos.

La tabla ha experimentado grandes cambios, desde sus primeras versiones hasta nuestros días. De tal forma que en la actualidad los estudiantes con teléfonos móviles de sistema operativo Android pueden instalarse un sistema periódico (SP) interactivo a través de la aplicación MerckPTE HD.⁶



Rosa Valero

Dpto. de Química Física.
Universidad de Valencia.
Doctor Moliner, 50; Burjassot.
C-e: Rosa.valero@uv.es

Recibido: 31/07/2012. Aceptado: 08/08/2013.

El formato habitual de la tabla es el horizontal, tal como se exponen en las dos Figuras del presente artículo, pero existe otras disposiciones (ver la página 228 de la referencia 7). Por ejemplo, Gray⁷ muestra un SP en formato vertical y ordenado en 3 bloques, de acuerdo con la variación relativa de los elementos vecinos.

En 2007 al cumplirse el centenario de la muerte de Mendeleev se publicaron diversas monografías relativas a su figura y a su contribución al desarrollo del SP.^{8,9} En esta última referencia, Scerri hace un detallado estudio cronológico, desde el punto de vista de la *física moderna*, de todas las aportaciones a la construcción del SP.

En el libro de *The elements: A Very Short Introduction*,¹⁰ de Ball, encontramos una exposición no tradicional con respecto a las propiedades de los elementos y su clasificación en el SP. El libro está lleno de *anécdotas* y nos responde a la pregunta ¿de qué está hecho el mundo?.

Desde un punto de vista *literario* se encuentra el texto de Primo Levi (1919-1987), químico de formación, en el que relaciona 21 elementos del SP con personas o recuerdos de su intensa vida.¹¹

Dado que en el presente artículo se pretende dar una orientación visual y práctica del SP; a continuación se destacarán aquellas referencias en las que podemos encontrar *sistemas periódicos ilustrados*:

- En el Departamento de Química de la Universidad de Minnesota existe un macro-sistema periódico en el que junto a cada elemento se adjunta una muestra y aplicaciones del mismo. Se aconseja visitar su página web.^{12a} Theodore Gray, en colaboración con el fotógrafo Nick Mann, ha publicado *Los elementos (una exploración visual de todos los átomos conocidos en el universo)*, que nos da información sobre los elementos, aplicaciones y curiosidades de los mismos.^{12b}
- En la bibliografía existen SPs, en los cuales, para cada elemento se muestra de forma gráfica la *aplicación* más habitual del mismo.¹³
- Desde otro punto de vista se puede relacionar la tabla periódica con **la alimentación y la salud**; tal como se visualiza en la referencia.¹⁴

- Colaboradores de *The Royal Institution* han publicado en la web, *A Christmas Elements*. A través de un calendario del Adviento se puede visualizar 24 conferencias. Cada una contiene la correspondiente explicación sobre las propiedades y aplicaciones de los 24 elementos seleccionados.¹⁵
- También se puede visualizar un SP *artístico*¹⁶ en el que para cada elemento un pintor ha hecho una ilustración. En el mismo se pretende unificar arte y ciencia explicando la etimología y los orígenes de los elementos.
- Por último, podemos consultar una *completa base de datos* del SP. En ella se muestran numerosos formatos de tablas periódicas; desde el listado de los elementos y símbolos de Dalton (1808) hasta una SP tridimensional (Bernard, 2003) en formato de espiral.¹⁷

Actualmente de entre todos los elementos químicos conocidos; 11 son gases (gases nobles, el hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, flúor y cloro); dos elementos son líquidos a temperatura ambiente (mercurio y el bromo); el galio, utilizado actualmente en los termómetros sanitarios, funde a la temperatura corporal de 30 °C, el resto son sólidos.

En la Figura 1 aparecen los 29 elementos químicos que en la actualidad se consideran esenciales para la vida; bien sea en microorganismos, plantas o animales.¹⁸⁻¹⁹ Existen 25 elementos que *son considerados biológicamente esenciales* para la vida, más otros cuatro posiblemente esenciales. De esta forma, se destacan en rojo los 10 elementos más abundantes en los seres vivos. Más del 97% de la masa de la mayor parte de organismos comprende sólo estos elementos; el hidrógeno, el carbono y el nitrógeno son los elementos estructurales.

H	Elementos biológicamente masivos																He
Li	Be	Elementos traza										B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Elementos traza posiblemente esenciales										Al	Si	P	S	Cl	Xe
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Ar
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Kr
Cs	Ba	La	Hf	Tl	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U												

Figura 1. Elementos esenciales para la vida.

Sobre fondo verde se indican los elementos traza u *oligoelementos*, que son aquellos que existen a niveles muy bajos, partes por millón o menos, en un sistema dado.

Por lo tanto los oligoelementos son elementos traza para los seres vivos que están en el cuerpo en cantidades muy pequeñas pero que son imprescindibles para determinadas funciones básicas. Por ejemplo, se necesitan cantidades mínimas de cobre en la dieta humana para ayudar a la síntesis de la hemoglobina. Es decir, cada oligoelemento tiene un intervalo óptimo de concentración y tanto su déficit como su exceso son perjudiciales para la salud. Puede producirse una interacción entre los oligoelementos con algunos metales tóxicos debido a la semejanza en su tamaño, así por ejemplo el Pb^{2+} puede interactuar con el Ca^{2+} , depositándose en los huesos (ver página 416 de la referencia²⁰). Existen 4 *elementos traza posiblemente esenciales* tal como el wolframio que se considera esencial desde 1983.

Cabe mencionar la publicación del 2010 en la revista *Science*²¹ sobre el descubrimiento de una bacteria del Lago Mono (California, USA) que presuntamente se alimentaba y construía su ADN usando arsénico en lugar de fósforo. El debate quedó abierto desde su publicación.^{22,23} Posteriormente, otros autores han demostrado, por espectroscopia de masas, que el arsenato no formaba parte del ADN de las citadas bacterias.²⁴ Lo anteriormente expuesto es un ejemplo de cómo el avance en las investigaciones científicas hace cambiar las hipótesis de trabajo.

Explicación del sistema periódico

A continuación se incluye las relaciones existentes entre algunos elementos y los alimentos¹⁴⁻¹⁸ u objetos en los que se pueden encontrar. En algunos se destacará las posibles patologías asociadas a su consumo y los posibles efectos sobre el medio ambiente.^{20,25} Se ordenarán según el número atómico (Z) dentro de 5 grandes grupos: no metales, metales, metales muy tóxicos, metaloides y gases nobles.

No metales

- **Hidrógeno.** Constituye el 11,11% en masa del agua. Es una sustancia vital para los seres vivos. El agua que bebemos puede contener diversas sales (dureza de la misma). En los organismos vivos el agua es el compuesto más común y constituye el 70% de la masa de la mayor parte de las células, sin agua no hay vida.²⁶ El hidrógeno es muy abundante en los aceites, en los que a mayor grado de saturación mayor cantidad de este elemento.
- **Carbono.** Es el elemento estructural que más prevalece en masa en los componentes sólidos de todas las células; cualquier alimento ingerido a diario lo contiene. Algunos de sus compuestos son muy energéticos ya que proporcionan grandes cantidades de energía a los seres que lo consumen. De esta forma se encuentra en los azúcares, bajo el nombre de carbohidratos, y también en los lípidos, glicéridos y proteínas. Así un plato de arroz presenta un alto contenido en hidratos de carbono. Igualmente se encuentra en los aceites vegetales, como ácidos grasos formados por largas cadenas hidrocarbonadas.
- **Nitrógeno.** Dado su carácter inerte, el N_2 , se usa como gas conservador en alimentación; por ejemplo, las verduras frescas se vende en bolsas de plástico que contienen N_2 . Está presente en todos los alimentos que contengan proteína (15%). Por ejemplo, las carnes contienen en sus moléculas proteínas, en éstas se presenta en forma repetida el conjunto de átomos siguiente $[-N(R)-C=O]$. Es un elemento vital a ingerir en la dieta. Sin embargo la ingesta en exceso de proteínas puede provocar un aumento de la concentración de amoníaco, compuesto tóxico.
- **Oxígeno.**¹⁰ Está presente en todos los alimentos, también en el agua (88,89%). Se ha seleccionado el azúcar por estar compuesto de monosacáridos, oligosacáridos y polisacáridos. La glucosa y fructosa ($C_6H_{12}O_6$) son monosacáridos mientras que la sacarosa y maltosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$) son disacáridos. Los ácidos orgánicos como el ácido acético (CH_3COOH), que es el compuesto que le da acidez y olor característico al vinagre también lo contienen.

- **Flúor.** Es un oligoelemento. El té es una fuente importante del mismo. Como el ión fluoruro es muy eficaz para prevenir las caries, se añade, en forma de NaF, al suministro público de agua hasta una concentración de 1 mg/L. Se debe utilizar con mucha precaución ya que es tóxico a niveles superiores. De igual forma, la pasta dentífrica contiene entre otros compuestos una de sus sales, la fluorapatita $[Ca_{10}(PO_4)_6F_2]$. Con este compuesto se resiste mejor el ataque de los ácidos al esmalte dental (ver pág. 751 de la referencia²⁶).
- **Fósforo.** Junto con el calcio es fundamental en la formación de huesos fuertes y de un sistema muscular en óptimo estado. Interviene en el sistema nervioso y en el almacenamiento y utilización de energía, por ser un componente del ATP. Aunque está presente en muchos alimentos, podemos destacar el chocolate y dulces de bollería entre otros. En general, la carne, el pescado y los lácteos nos suministran tanto fósforo como calcio.
- **Azufre.** Este elemento es un importante componente de los tres aminoácidos esenciales (cistina, metionina y cisteína) que se ocupan de formar proteínas así como de la tiamina (Vitamina B1) y queratina. La dosis diaria recomendada no está estipulada, por tanto una dieta regulada es el único seguro de su correcta dosis. Sus fuentes naturales son el queso, huevos, carne, frutas secas y cebolla. El huevo es básico en alimentación, posee un alto contenido en nutrientes como proteínas, vitaminas, minerales y aminoácidos esenciales, que son aquellos que nuestro organismo no fabrica por sí solo y por lo tanto deben ser aportados en la dieta. El huevo contiene lípidos (proporcionan energía), antioxidantes (selenio, entre otros), ácido fólico y colina, necesarios para el buen funcionamiento del organismo.

- **Cloro.** La sal común de mesa contiene aproximadamente un 60% de cloro en forma de cloruro. Forma parte del HCl que actúa como jugo gástrico para digerir los alimentos. El pH del estómago alcanza un valor entre 1,0-2,0; por debajo de $pH = 1,0$ se produce acidez de estómago, que puede tratarse con sales como el bicarbonato de sodio o la leche de magnesia (ver página 761 de la referencia²⁶).
- **Bromo.** Hay panes que en su elaboración se emplea el bromato de potasio como emulgente. Éste actúa durante todo el proceso de fermentación modificando las proteínas y dando un gluten más elástico, de manera que la masa absorbe mayor cantidad de agua y retiene más dióxido de carbono, obteniéndose así mayor volumen y un menor endurecimiento del mismo.³⁰
- **Yodo.** El yodo es un importante oligoelemento. La glándula tiroides fabrica las hormonas tiroxina y triyodotironina, que contienen yodo. Una fuente importante del mismo es la sal yodada, que contiene 0,6 mg/100 g de sal. También está presente en ciertas variedades de algas.

Algunos metaloides

- **Boro.** Se utiliza como conservante y antiséptico en forma de ácido bórico (mariscos por ejemplo) o de borax (tetraborato de sodio, usado como blanqueador y desinfectante). También se puede encontrar en vinos y sidras³¹). Es un elemento esencial para las plantas aunque no para los animales. Muchos utensilios de cocina son borosilicatos, con los que se obtiene el llamado vidrio pírex, muy utilizado en los laboratorios químicos debido a su resistencia a temperaturas elevadas.
- **Silicio.** Oligoelemento presente en los tomates, la leche o los pepinos. Es importante consumir alimentos que lo



Figura 2. Sistema Periódico ilustrado.

contengan ya que tiene un papel importante en el reforzamiento de los huesos y cartílagos. Al ser un elemento que no se destruye por incineración es usado en química forense para saber si las cenizas pertenecen o no a restos humanos (no deben de contener más de un 0,1% en Si).³²

- **Teluro.** Es un metaloide, cuyo nombre del latín *tellus*, significa “tierra”. El teluro coloidal actúa como insecticida, germicida y fumigante. Junto con diversas sustancias orgánicas, se utiliza como agente vulcanizante para el procesamiento del caucho natural y sintético, y en los compuestos antidetonantes de la gasolina. Se usa también para dar color azul al vidrio.

Metales

- **Litio.** Se puede encontrar en aguas minerales (agua de Vichy³³) y en fármacos, ya que compuestos del mismo actúan sobre el sistema nervioso. Por lo tanto se usa en ciertos medicamentos psiquiátricos generalmente en forma de carbonato de litio. A pesar de su nombre, los sobres de *litines*, utilizados por los excursionistas para obtener agua potable a partir de la nieve, no contienen litio.
- **Berilio.** No se conocen alimentos que contengan berilio, ya que es uno de los elementos tóxicos más peligrosos, tanto él como sus sales son extremadamente tóxicos. La beriliosis es una inflamación pulmonar causada por la aspiración de polvo o vapores que contienen berilio.
- **Sodio.** Está presente en todos los alimentos. La sal común contiene un 40% de sodio como NaCl; está presente en el ketchup como glutamato de sodio. Se debe tener cuidado de no ingerir Na⁺ en exceso, debido a que provoca hipertensión arterial, que puede ser el origen de otras enfermedades cardiovasculares más serias, tales como el infarto de miocardio.
- **Magnesio.** Oligoelemento presente en la clorofila. Las espinacas contienen un 0,011% del mismo. Interviene en la formación de los tejidos óseos junto con el calcio así como en la formación de muchos tejidos del organismo (músculos, nervios, etc.). Los agricultores con sus abonos sintéticos disminuyen actualmente el contenido del mismo en los alimentos. La científica rumana Dra. Aslan (1897-1988), pionera en geriatría, aconsejaba, entre otros, suplementos de sales de magnesio para el envejecimiento prematuro de la población rumana después de la segunda guerra mundial.³⁴
- **Aluminio.** En la cocina se encuentra en cazuelas y en el papel de aluminio; actualmente, las baterías, están siendo sustituidas por las de acero inoxidable. Esta medida fue tomada hace años cuando se constató que los recipientes de aluminio no son inertes ante la cocción de ciertos alimentos. De igual forma se recomienda no usar papel de aluminio para la cocción de los mismos. Lo encontramos en las cebollas, en las que representa aproximadamente un 0,008% del peso. El fosfato ácido de aluminio y sodio se usa como levadura sintética en bollería y productos congelados (aditivo alimentario E541),²⁹ numerosos informes consideran al aluminio como una sustancia neurotóxica.
- **Potasio.** Un alimento muy popular por su contenido en potasio es el plátano. Este elemento participa junto con el Na⁺ en la bomba de Na-K que mantiene las membranas celulares polarizadas para permitir diversos procesos. Al contrario que el Na⁺, el K⁺ no provoca hipertensión arterial, pero debe existir un equilibrio entre ambos iones para mantener una correcta presión sanguínea.
- **Calcio.** Está vinculado a la presencia de fósforo. Es un elemento esencial para la formación del tejido óseo, proceso que está regulado por la vitamina D. A su vez, la absorción del calcio se ve dificultada por el consumo de café, de alcohol, por la escasez de Vitamina D, o de ácido clorhídrico en el estómago, por la falta de ejercicio y por la ausencia de luz solar. Los lácteos, las almendras, las semillas de sésamo, el brócoli, las espinacas y las sardinas son alimentos ricos en calcio.
- **Titanio.** En forma de TiO₂, es un pigmento blanco muy inerte y no tóxico, por lo tanto puede usarse como colorante alimentario blanco.²⁹ También se usa en la producción de pinturas, cosméticos y productos textiles. En cosmética lo encontramos en lápiz labial y en cremas solares como filtro químico ante radiaciones UV.
- **Vanadio.** El vanadio es un elemento esencial (oligoelemento) en vegetales y algunos organismos como las holoturias. En humanos no está demostrada su esencialidad. Lo encontramos en el perejil, los mariscos y en la pimienta negra. Entre los mariscos cabe destacar a las holoturias o pepinos de mar ya que contienen una cantidad de vanadio 400 veces superior al encontrado en las plantas. En el norte de Castellón y en el Delta del Ebro se emplea para preparar arroces marineros.
- **Cromo.** Oligoelemento presente en setas, quesos y algunos tubérculos. Aunque sólo está presente en la corteza terrestre en una concentración de 122 ppm es uno de los metales más importantes en la industria. Su actividad depende de su estado de oxidación, de tal forma que el Cr⁺³ es beneficioso (ayuda a metabolizar la glucosa), mientras que el Cr y Cr⁺⁶ pueden contaminar las aguas residuales procedentes de residuos industriales (recordar la película *Erin Brockovich* basada en un hecho real por contaminación de acuíferos de California en 1993).
- **Manganeso.** Oligoelemento contenido en nueces, avellanas y café. Debido al uso frecuente de este último aparece como representativo, ya que un gramo de café soluble contiene 1,80 mg de manganeso.
- **Hierro.**¹⁰ Es un elemento de difícil asimilación en seres vivos y cuya principal vía de eliminación son las hemorragias. La cantidad diaria recomendada de hierro en mujeres es de 18 mg, los hombres sólo necesitan 10 mg. Es asimilable en su forma hemo,¹⁸ presente en carnes rojas, vísceras, algunos pescados y berberechos.³⁰ Contrariamente a la creencia popular se asimila poco con la alimentación de origen vegetal, por ejemplo lentejas. Es un elemento clave en la formación de la hemoglobina que se encuentra en los glóbulos rojos de la sangre y en la síntesis de la mioglobina que está presente en los músculos. Unos niveles continuamente bajos de hierro producen la llamada anemia ferropénica.
- **Cobalto.** El cobalto es uno de los metales esenciales para el organismo humano. Es un componente esencial de la vitamina B₁₂, si bien se absorbe con bastante dificultad. Está almacenado, sobre todo, en las células rojas de la sangre y, en menor cantidad, en vísceras (hígado y riñones). La cantidad de cobalto en el organismo es de

aproximadamente 0,0015 g, estando presente, principalmente, en el páncreas. Los requerimientos se establecen en términos de vitamina B₁₂. Se halla estrechamente condicionado por la presencia sobreañadida del hierro y el cobre. No se conocen síntomas claros de deficiencia de este metal como elemento separado de la vitamina B₁₂. También se encuentra en el germen de trigo y en la levadura de cerveza.

- **Níquel.** Las necesidades de níquel se estiman en alrededor de 35 µg/día. Una dieta equilibrada aporta mucho más. Existe una interacción entre níquel y hierro. En una dieta deficiente en hierro, se intensifican los síntomas con la presencia de níquel. Cuando el aporte de hierro es adecuado, el níquel favorece la utilización de hierro. Las nueces, las judías, los granos de cereales, el cacao y los ajos son buenas fuentes de níquel. A pesar de no ser el ajo uno de los alimentos con más contenido en níquel se pueden destacar sus propiedades alimenticias idóneas. De esta forma su consumo incrementa las defensas del organismo, es antiinflamatorio y en su uso tópico, su jugo es un estupendo bactericida.
- **Cobre.** Como oligoelemento forma parte de numerosas enzimas importantes e interviene en muchos procesos como la biosíntesis del colágeno, que es la matriz necesaria para los huesos y cartílagos. También interviene en el buen funcionamiento de las glándulas tiroideas y suprarrenales, importantes en la producción de energía. Se encuentra en alimentos tales como los frutos secos, cereales integrales, derivados de la soja, entre otros.
- **Zinc.** Interviene en el metabolismo de proteínas y ácidos nucleicos, estimulando la actividad de casi 100 enzimas. Las ostras contienen 52 µg de este elemento por 100 g de porción comestible, la carne, el hígado de ternera, los frutos secos (cacahuetes, semillas de girasol) también lo contienen. Interactúa con el calcio de forma que el exceso de suplementos de calcio puede desplazar al zinc. Interviene en las percepciones del gusto y del olfato, colabora con el buen funcionamiento del sistema inmunitario y en la síntesis del ADN.
- **Rubidio.** Esta presente en órganos blandos de las aves marinas, pescados y aves como el pollo. Algunas aguas de manantial lo contienen (la de Las Burgas, Orense, contiene 13 ppm). Se utiliza como método de datación de rocas antiguas terrestres debido a la desintegración del isótopo Z = 37.
- **Ytrio.** El itrio se ha considerado una “tierra rara”; siendo, sin embargo bastante abundante, incluso llega a ser el doble de abundante que el plomo. El itrio se utiliza comercialmente en la industria metálica para aleaciones, una de las cuales se emplea para alargar la vida de las bujías de un coche. Actualmente, el hidróxido de ytrio ha desplazado al plomo (altamente tóxico) para proteger la carrocería de un automóvil; por electrodeposición se forma un recubrimiento de óxido de ytrio, insoluble y semejante a la cerámica. (ver página 791 de la referencia¹⁹).
- **Molibdeno.** Es el único oligoelemento de la segunda serie de transición. En los seres vivos se encuentra en diversos enzimas como heteroátomo. Entre estos enzimas cabe destacar la nitrogenasa, que cataliza la conversión del nitrógeno en amoníaco en las plantas. Las necesidades

diarias promedio de molibdeno en humanos varían entre 0,12 y 0,24 mg. Las principales fuentes de molibdeno son las legumbres, habichuelas y los cereales integrales.

- **Tecnecio.** Dada su inestabilidad no existe en la naturaleza y por lo tanto no desempeña ningún papel biológico. El ^{99m}Tc es el radioisótopo más utilizado como marcador radiactivo en medicina nuclear y procedimientos de diagnóstico de funcionamiento de órganos del cuerpo humano, dada su baja toxicidad, energía y periodo de semi-desintegración adecuados.
- **Rodio.** Se utiliza para hacer espejos de rodio (espejos dentales) y dada su semejanza con la plata se fabrican joyas con este material; al contrario que los accesorios de plata, los de rodio presentan la ventaja de no oxidarse con el tiempo.
- **Estaño.** Las latas de conservas se fabrican a partir de la hojalata, material formado por una lámina de acero y carbono recubierta electrolíticamente con una capa de estaño en su interior.
- **Bario.** El BaSO₄ es un componente de la suspensión coloidal *papilla de bario*, empleada en medicina para visualizar el intestino con placas de rayos X. Una vez ingerida la papilla de bario, ésta rellena el tracto intestinal de forma que permite ver este suave tejido. A pesar de que el ión Ba²⁺ es peligroso, el BaSO₄ no lo es debido a su baja solubilidad. (ver página 752 de la referencia²⁷).
- **Lantano.** Es el primer elemento de la serie de los lantanoides (antiguamente denominados tierras raras); que por motivos de espacio no se han incluido en la Figura 2. El lantano es uno de los lantanoides más abundantes y posee diversas aplicaciones. Entre ellas, se destaca al óxido de lantano que confiere al vidrio resistencia a las bases y se emplea para la fabricación de vidrios ópticos especiales.
- **Platino.** En 1964 Rosenberg y col³⁵⁻³⁶ (ver página 978 de la referencia³⁶) al utilizar dos electrodos de Pt descubrieron, que un compuesto de coordinación del mismo, el cis-platino [Pt(NH₃)Cl₂], inhibía la división celular de las bacterias. Como el cáncer implica la división incontrolada de las células afectadas, supuso una esperanza de vida para enfermos con cáncer; a los que se les administra el citado compuesto por vía intravenosa. En la casilla correspondiente se muestra un electrodo de Pt, usado en medicina para la rehabilitación de músculos a través de pequeñas corrientes eléctricas.
- **Oro.** Metal noble escaso muy valorado desde la antigüedad.¹⁰ En la actualidad se le han dado diversos usos terapéuticos. Por ejemplo, los tiolatos de Au(I) se emplean como antiinflamatorios en algunas enfermedades reumáticas. A su vez, las nanopartículas de oro y plata se emplean como nuevo tratamiento en oncología y para combatir la hepatitis C,³⁷ ya que ofrecen la ventaja de poder ser utilizadas como plataformas multifuncionales, es decir, permiten la unión de múltiples agentes de interés biomédico. En la Figura 2 se muestra una botella de ginebra, ya que en el mercado podemos encontrarlas con pequeñas láminas de oro en su interior.
- **Radio.** Antiguamente se usaba en pinturas luminiscentes para relojes y otros instrumentos. Más de 100 pintores de esferas de reloj, que usaban sus labios para moldear el pincel, murieron por las consecuencias de la radiación.

Poco después se extendieron los efectos adversos de la radiactividad. A finales de los 1960s, aún se usaba el radio en las esferas de reloj. Hoy en día, se usan fosfatos con pigmentos que absorbe luz en su lugar.

- **Uranio.** Por motivos de espacio, el SP de la Figura 2 acaba con el actinio ($Z = 89$); no incluyéndose los 14 metales de transición interna llamados actínidos. Todos ellos son inestables y radiactivos. Entre ellos cabe destacar al uranio ($Z = 92$). Antiguamente, este metal se empleaba como pigmento en alfarería y para colorear el vidrio de color verde (ver página 210 de la referencia^{12b}). Este elemento posee 25 radioisótopos, los más estables y abundantes son el ^{238}U (99,28%) y el ^{235}U (0,71%); pero solo el ^{235}U es adecuado para la fabricación de una pila atómica. Por lo tanto, hay que enriquecerlo en este isótopo si se utiliza en una fisión nuclear; una de cuyas consecuencias más infames y dolorosas fue la bomba atómica (ver página 909, referencia⁷).

Elementos muy tóxicos

En este apartado consideramos al arsénico, el plomo, el cadmio, el mercurio y el talio.^{21,25} Aunque el vapor de mercurio es altamente tóxico, estos cinco elementos no son particularmente perjudiciales como elementos libres en su forma sólida. Sin embargo los cinco son peligrosos en su forma catiónica y también enlazados a cadenas cortas de átomos de carbono. El mecanismo bioquímico de su toxicidad proviene tanto de su poder acumulativo como de la fuerte afinidad de sus cationes por el azufre; presente como grupo sulfhidrilo ($-\text{SH}$) en las enzimas que controlan la velocidad de las reacciones metabólicas en el cuerpo humano).

- **Arsénico.** Algunos compuestos orgánicos de arsénico se usan como suplementos en alimentos para aves. La fuente principal de arsénico en la dieta son los mariscos, seguidos por el arroz y los cereales. Aunque los mariscos contienen la cantidad de arsénico más alta, el arsénico en peces y mariscos está principalmente en una forma orgánica llamada arsenobetaina, la cual es mucho menos dañina. Ciertas algas marinas contienen formas inorgánicas de arsénico que pueden llegar a ser más peligrosas. Algunos de sus compuestos se utilizan como veneno, el más empleado es el As_2O_3 cuya dosis letal es 2 mg/Kg peso. Con este compuesto podemos recordar la historia: Agripina (madre de Nerón) lo empleó para matar a su marido y emperador Claudio,³⁸ los Borgias³⁹ también lo usaron, e incluso la muerte de Napoleón esta aún por aclarar (ver página 170, referencia³⁶).
- **Plomo.** La intoxicación por Pb^{+2} provoca, entre otras alteraciones, la inhibición de la síntesis de la hemoglobina (saturismo), e incluso impedir el desarrollo óseo por interacción con el catión calcio.⁴⁰ La mayor fuente de plomo en la atmósfera procedía de las gasolinas (contaminación atmosférica) y perdigones de plomo usados para cacerías de aves en ríos, éstas confundían los perdigones caídos al fondo del río con comida. Su uso se ha prohibido en ambos casos desde hace aproximadamente 30 años. Solo quedan países como México que aún utilizan gasolinas con plomo. Por contaminación industrial podemos encontrarlo en las aguas de regadío; de manera que en cereales completos tales como el arroz integral

permanece en su cáscara (es aconsejable lavarlo antes de su consumo).

- **Cadmio.** Es un metal tóxico, se emite al medio ambiente y aguas residuales con la incineración de plásticos y otros materiales que lo contienen como pigmento o estabilizante. En cuanto a la alimentación los moluscos, mariscos y los riñones (carnes de órganos en general) poseen la mayor cantidad de cadmio, 10 ppm o más. Cada cigarrillo contiene 1-2 μg de este tóxico elemento.
- **Mercurio.** Uno de los metales tóxicos más conocidos, presente en el pez espada, tiburón, atún rojo y otros peces grandes y longevos, de manera que a mayor longevidad mayor acumulación de mercurio, estos peces pueden contener hasta un 0,5 ppm de mercurio. Es peligroso en forma de CH_3Hg^+ , compuesto que es un potente neurotóxico. También se empleaba en amalgamas dentales junto con otros metales tales como la plata, el estaño y el zinc.
- **Talio.** Metal descubierto en 1861. El sulfato de talio se usa como raticida y veneno para hormigas. Esta sal se puede emplear como veneno en humanos dada su rápida absorción y su baja dosis letal (12-15 mg/Kg peso). Se cree que Saddam Hussein envenenó con este compuesto al ex agente secreto iraquí Adbdullah en 1968.

Gases nobles

- **Helio.** Gas noble no reactivo, de uso no alimentario, se encuentra en el gas natural (6%) y en la atmósfera en baja concentración. El Sol contiene un 18% de helio, al cual debe su nombre. Al ser muy ligero se usa para rellenar globos.
- **Neón.** Los tubos de neón forman parte de nuestro entorno urbano, lo encontramos en los luminosos de color naranja bermellón. Es el menos reactivo de todos los elementos.
- **Argón.** Se utiliza en una concentración del 1% para rellenar bombillas de bajo consumo. Su principal propiedad es la pasividad ante las descargas eléctricas, y prolongar la vida de las bombillas. Éstas también contienen mercurio, 13 mg, por lo que se debe de controlar su desecho.
- **Kriptón.** Se usa en solitario o mezclado con neón y argón en lámparas fluorescentes; especialmente, en sistemas de iluminación de aeropuertos, ya que el alcance de la luz roja emitida es mayor que la ordinaria incluso en condiciones climatológicas adversas de niebla. El láser de kriptón se usa en medicina para cirugía de la retina del ojo.
- **Xenón.** A pesar de ser un gas noble puede formar compuesto con el flúor (XeF_2). Algunos faros de automóviles contienen xenón y haluros metálicos.
- **Radón.** Es un gas radiactivo bastante frecuente ya que se encuentra en las cadenas de desintegración del torio ($Z = 90$) y del uranio ($Z = 92$) presentes en las rocas de granito. Por ello se acumula en los subterráneos de los edificios hechos con suelo de granito.

Agradecimientos

Agradezco a los profesores Enrique García-España y Francisco Estevan las consultas que me han permitido hacer, tanto a nivel personal como en sus bibliotecas, para la realización del presente artículo. También deseo expresar mi gratitud al profesor Rafael Tortonda por la ayuda prestada en la revisión del mismo.

Bibliografía

1. <http://bit.ly/T9WcqC>, visitada el 07/12/2013.
2. G. T. Woods, *Found. Chem.* **2010**, 12, 171.
3. P. Roman, *Anales Quím.* **2010**, 106, 137.
4. D. I. Mendeleev, M. I. Mladentsev, V. E. Tischenko, *Carta a Voskresenski*, en *Dimitrii Ivanovich Mendeleev, his Life and Works, Vol. I*, Academy of Sciences, U.S.S.R, **1938**, pp 250-258.
5. S. Esteban Santos, *La historia del sistema periódico*, UNED, Madrid, **2009**.
6. <http://bit.ly/Q8vhOw>, visitada el 07/12/2013.
7. D. Gray, *Principios de Química*, 3ª Ed., Reverté, Barcelona, **1998**.
8. P. Román, *Mendeleiev. El profeta del orden químico*, 2ª Ed., Nivola, Madrid, **2008**.
9. E. R. Scerri, *The Periodic Table: Its Story and Its Significance*, Oxford University Press, **2007**.
10. P. Ball, *The Elements: A very Short Introduction*, Oxford University Press, **2004**.
11. P. Levi, *El sistema periódico*, 4ª Ed., El Aleph, Barcelona, **2011**.
12. a) University of Minnesota, <http://periodictable.com/>, visitada el 07/12/2013. b) T. Gray, *The Elements*, Black Dog and Leventhal Publishers, Inc., New York, **2009**.
13. a) P. Menzel, *J. Chem. Ed.* **1990**, 67, A101, (se anuncia el poster para su venta y distribución a través de Le Naturaliste, J Quebec Canada). b) T. Buthelezi *et al.*, *Chemistry Matter and change*, 2ª Ed., Mc Graw Hill. Glencoe Chapter 3, **2005**.
14. <http://bit.ly/Tp4fTI>, visitada el 07/12/ 2013.
15. <http://bit.ly/U9q5XT>, visitada el 07/12/2013.
16. <http://bit.ly/WRJi69>, visitada el 07/12/2013..
17. *The Internet Database of PeriodicTables*; <http://bit.ly/SldSlu>, visitada el 07/12/2013..
18. M. Vallet, J. Faus, E. García-España, J. Moratal, *Introducción a la química bioinorgánica*, Ed. Síntesis, Madrid, **2003**.
19. T. Brown *et al.*, *Química. La ciencia central*, Ed. Pearson, 11ª Ed., p 57, **2009**.
20. C. Baird, *Química ambiental*, Ed. Reverté, Barcelona, **2001**.
21. E. Pennisi, *Science* **2010**, 330, 1302.
22. M. C. Flannery, *Am. Biol. Teacher* **2011**, 73, 557.
23. S. A. Benner, *Science* **2011**, 332, 1149.
24. M. L. Reaves, S. Sinha, J. D. Rabinowitz, R. J. Redfield, *Science* **2012**, 337, 470.
25. S. E. Manahan, *Introducción a la química ambiental*, Ed. Reverte, Barcelona, p 147, **2009**.
26. W. A. H. Scott, *Instant Facts. Chemistry A-Z of Essentials Facts and Definitions*, Ed. Collins, Londres, **2004**.
27. R. H. Petrucci *et al.*, *Química general*, 8ª Ed., Pearson, **2003**.
28. G. Vollmer, M. Franz, *La Chimica di Tutti i Giorni*, Zanichelli, Bolonia, **1990**.
29. C. Gouget, *Los aditivos alimentarios*, Oberisco, **2008**.
30. <http://bit.ly/Q8uop3>, visitada el 07/12/2013.
31. R. Lopez Martín, *Zibia*, **1986**, 5, 233.
32. M. E. Johll, *Química e investigación criminal*, Ed. Reverté, Barcelona, **2008**.
33. <http://bit.ly/106PkzI>, visitada el 07/12/2013.
34. A. Aslan, *Contra la vejez*, Martínez Roca, Barcelona, **1986**.
35. B. Rosemberg, *Nature* **1969**, 222, 385.
36. R. Chang, *Química*, 10ª Ed., Mc Graw Hill, Barcelona, **2009**.
37. Z. Wang *et al.*, *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* **2012**, 109, 12387.
38. Existen discrepancias históricas sobre la muerte de Claudio I; así algunos autores como R. Graves (en *Claudio, el dios y su esposa Mesalina*, Alianza Editorial, Madrid **1978**) creen que fue envenenado con setas; mientras que otras monografías (<http://bit.ly/1d8tv7O>, visitada el 07/12/2013) opinan que fue la envenenadora Locusta, contratada por Agripina, la que añadió arsénico en su comida.
39. A. Muñoz, *La historia del veneno: de la cicuta al polonio*, Debate, Barcelona, **2012**.
40. M. Walker, *Los niños del plomo*. <http://bit.ly/VgjoTM>, visitada el 07/12/2013.

