

# El Derecho de los elementos. Referencias del Derecho español y europeo a los elementos de la tabla periódica

Emilio SPÓSITO CONTRERAS\*  
RVLJ, ISSN 2343-5925, N.º 17, 2021, pp. 205-233.

## SUMARIO

**1. El Derecho en el sesquicentenario de la tabla periódica de los elementos** **2. El elemento jurídico** **3. Normas químicas**  
*3.1 Selección y tratamiento* *3.2. Elementos normalizados* **4. Soluciones jurídicas ante los retos de la Química** **5. Tabla periódica de los elementos normalizada** *5.1. Frecuencia de los elementos normalizados* *5.2. Representación gráfica* **Conclusiones**

## 1. El Derecho en el sesquicentenario de la tabla periódica de los elementos

En febrero de 1869, el químico ruso Dimitri MENDELÉEV (1834-1907) inventó la «tabla periódica de los elementos»<sup>1</sup>, uno de los más importantes esfuerzos del hombre por ordenar el mundo y encontrar vínculos entre datos aparentemente no relacionados. Hasta ahora, el último elemento incorporado a la

---

\* **Universidad Central de Venezuela**, Profesor Agregado de Derecho Civil I Personas. **Universidad Monteávila**, Profesor de Historia del Derecho: Derecho Romano. **Universidad Autónoma de Madrid**, Profesor visitante de Derecho Romano.

<sup>1</sup> Para saber más al respecto, *cfr.* ARAGÓN DE LA CRUZ, Francisco: *Historia de la Química: De Lavoisier a Pauling*. Editorial Síntesis. Madrid, 2004; ASIMOV, Isaac: *Breve historia de la química: Introducción a las ideas y conceptos de la química*. Trad. A. CRUZ y M. I. VILLENA. 22.<sup>a</sup> reimp., Alianza Editorial. Madrid, 2002; BROCK, William H.: *Historia de la Química*. Alianza Editorial. Trad. E. GARCÍA HERNÁNDEZ *et al.* Madrid, 1998; STRATHERN, Paul: *El sueño de Mendeléiev: De la alquimia a la química*. Siglo XXI. Trad. A. RESINES y H. BEVIA. Madrid, 2000.

tabla, el N.º 118, se llama Oganésón y fue descubierto en 2002 por científicos estadounidenses y rusos<sup>2</sup>.

A propósito de la celebración en la Química de los 150 años de la formulación de la tabla periódica de los elementos, durante 2019 se hicieron reflexiones de todo tipo sobre la genialidad de este trabajo<sup>3</sup>. Así, por ejemplo, se han presentado al público tablas con énfasis en los elementos químicos que conforman los seres vivos, llamados «bioelementos»<sup>4</sup>, o los múltiples e inusuales elementos contenidos en el terminal de un teléfono inteligente, que posee el común de los mortales<sup>5</sup>.

Además de alfabeto de los químicos, la tabla periódica de los elementos ha servido de excusa para trabajos en disciplinas como la Física, en la cual científicos como Murray GELL-MANN (1929-2019) –premio Nobel en 1969– elaboró su propia tabla de clasificación de partículas subatómicas<sup>6</sup>. O la Filosofía, campo en el cual autores como SCERRI (1953) y MCINTYRE (1962) han abierto una nueva rama dentro de la Filosofía de la Ciencia<sup>7</sup>. No obstante, quizás por el tradicional divorcio entre las ciencias y las humanidades –tan

<sup>2</sup> Vid. Compound Interest: «*IYPT 2019 Elements 118: Oganesson: The periodic table's final element (?)*». En: *CI*. 30-12-19, <https://www.compoundchem.com/2019/12/30/iypt118-oganesson/>.

<sup>3</sup> En España, es de destacar la programación desarrollada en Madrid por la Fundación Ramón Areces, especialmente las conferencias de Eluvathingal DEVASSY JEMMIS (20-06-19) y Miguel Ángel ALARIO y FRANCO (17-12-19).

<sup>4</sup> Vid. BRUNNING, Andy: «*Periodic Graphics: Essential elements for humans*». En: *Chemical & Engineering News*. N.º 97, 13. 2019, <https://cen.acs.org/physical-chemistry/periodic-table/IYPT-Periodic-Graphics-Essential-elements-humans/97/i13>.

<sup>5</sup> Vid. Compound Interest: «*The Chemical Elements of a Smartphone*». En: *CI*. 19-02-14, <http://www.compoundchem.com/2014/02/19/the-chemical-elements-of-a-smartphone/>.

<sup>6</sup> Cfr. STEGFRIED, Tom: «*Murray Gell-Mann gave structure to the subatomic world*». En: *Science News*. 24-05-19, <https://www.sciencenews.org/blog/context/murray-gell-mann-gave-structure-subatomic-world>.

<sup>7</sup> Vid. SCERRI, Eric R. y MCINTYRE, Lee C.: «*The Case for the Philosophy of Chemistry*». En: *Synthese*. N.º 111. 1997, pp. 213-232, <https://core.ac.uk/download/pdf/11920108.pdf>.

criticado por Erwin SCHRÖDINGER (1887-1961), premio Nobel en 1933–, es poco lo que se ha escrito sobre la Química, más allá de sus ciencias vecinas<sup>8</sup>.

En Economía, por ejemplo, en la cual la Química a través de su industria impacta de manera significativa, casi nada se ha escrito más allá de los problemas de sustentabilidad ambiental que se generan<sup>9</sup>. En España, donde la industria química es un sector clave, con más de 3300 empresas y 670 000 empleados directos, indirectos e inducidos, así como ganancias superiores a los 65 647 millones de euros (13,4 % del producto industrial bruto)<sup>10</sup>, la Química termina interesando a sociólogos, historiadores y, por supuesto, abogados.

Curiosamente, uno de los más relevantes mitos de Occidente: la historia del doctor Johann Fausto –personaje histórico (1480-1540) a medio camino entre la Edad Media y la Edad Moderna–, trata de Filosofía de la Ciencia, específicamente de la búsqueda desesperada de conocimiento sin importar peligros y consecuencias; lo cual, evidentemente, tiene como trasfondo y punto de llegada el Derecho, representado en el contrato de dudosa legitimidad suscrito entre Fausto –experto en «elementos»<sup>11</sup>– y Mefistófeles.

En este sentido, en ocasión de la conmemoración de la creación de MENDELÉEV, a través de una búsqueda en el *Boletín Oficial del Estado* (BOE)<sup>12</sup>,

<sup>8</sup> Cfr. SCHEIBE, Erhard: «*Erwin Schrödinger And The Philosophy of The Physicists*». En: *Erwin Schrödinger's World View: The Dynamics of Knowledge and Reality*. Kluwer Academic Publishers. J. GÖTSCHL, editor. Viena, 1992, pp. 25-34.

<sup>9</sup> Cfr. DUAN, Ning: «*Cleaner Production, Eco-industry and Circular Economy*». En: *Research of Environmental Sciences*. N.º 6. 2001, pp. 1-8; SHELDON, Roger A.: «*Green and sustainable manufacture of chemicals from biomass: state of the art*». En: *Green Chemistry*. N.º 16. 2014, pp. 950-963.

<sup>10</sup> Cfr. ICEX: «*Invest in Spain, Radiografía del Sector Químico Español 2019*», [http://www.investinspain.org/invest/wcm/idc/groups/public/documents/documento\\_anexo/mde4/nzkz/~edisp/dax2018793750.pdf](http://www.investinspain.org/invest/wcm/idc/groups/public/documents/documento_anexo/mde4/nzkz/~edisp/dax2018793750.pdf).

<sup>11</sup> Vid. Anónimo: *Historia del doctor Johann Fausto*. Siruela. Trad. J. J. DEL SOLAR. Madrid, 1994. También, GOETHE, Johann Wolfgang: *Fausto*. Alianza Editorial. Trad. J. ROVIRALTA BORRELL. «Prólogo» de FRANCISCO AYALA. Madrid, 2014.

<sup>12</sup> Vid. <https://www.boe.es/buscar/>. Sobre la búsqueda de información jurídica a través de Internet, vid. *Manual de documentación jurídica*. Editorial Síntesis. M. MACIÁ,

presentamos una aproximación a las normas del Derecho español y de la Unión Europea relativas a los elementos químicos, y elaboramos una tabla periódica con énfasis en el Derecho. La reflexión sobre los elementos químicos considerados por el Derecho nos permite identificar la ubicación de la Química o el objeto de su estudio en nuestra disciplina y los principales problemas de esta ciencia frente a la sociedad, configurando lo que nos hemos atrevido a denominar: «Derecho de los elementos».

La originalidad de esta propuesta no solo se desprende de la novedad expositiva del tema, sino de la búsqueda de acercamiento, a pesar de las distancias epistemológicas, entre conocimientos tan alejados como la Química y el Derecho. Dicho «alejamiento», cuando no hostilidad, quizás se remonte a los tiempos de la alquimia, cuando los romanos castigaban a los *veneficis* o envenenadores<sup>13</sup> a través de una ley Cornelia; cuando se prohibió el *opus magnus*, por parte del emperador Diocleciano (244-311), el papa Juan XXII (1244-1334) o el rey inglés Enrique VIII (1491-1547); o cuando, hoy día, se persigue al químico que investiga con drogas<sup>14</sup>.

Simple malentendidos entre profesiones, porque, como advirtió el renacentista alemán Nicolás DE CUSA (1401-1464) al resaltar la *coincidentia oppositorum*, los extremos se tocan y tanto la Química como el Derecho, en bien de los hombres, aspiran a develar las reglas que ordenan el mundo.

---

editor. Madrid, 2002. También, PÉREZ LUÑO, Antonio Enrique: *Nuevas tecnologías, sociedad y Derecho: el impacto socio-jurídico de las nuevas tecnologías de la información*. Fundesco. Madrid, 1987; CASTELLS, Manuel y AOYAMA, Yuko: «Hacia la sociedad de la información: estructura del empleo en los países del G-7 de 1920 a 1990». En: *Revista Internacional del Trabajo*. N.º 1. OIT. Ginebra, 1994, pp. 5-35.

<sup>13</sup> Vid. CASTRO URDANETA, Jorge Octaviano: «El concepto amplio de *venenum* en el mundo romano y la discusión sobre la regulación del cannabis en la República Bolivariana de Venezuela». En: *Diritto @ Storia*. N.º 13. Università degli Studi di Sassari. Sassari, 2015, <http://www.dirittoestoria.it/13/contributi/Castro-Jorge-Venenum-mundo-romano-cannabis-Republica-Venezuela.htm>.

<sup>14</sup> Cfr. FARAH, Troy: «*The Scientist's Drug Dealer: How Researchers Get Illicit Drugs*». En: *Discover*. 22-04-19, <https://www.discovermagazine.com/health/the-scientists-drug-dealer-how-researchers-get-illicit-drugs>.

## 2. El elemento jurídico

Siguiendo la tradicional exposición del jurista GAYO (siglo II d. C.)<sup>15</sup> en sus *Instituciones*<sup>16</sup>, seguida en el *Corpus Iuris Civilis* del emperador JUSTINIANO (482-565)<sup>17</sup> y, modernamente, en la codificación debida a Napoleón BONAPARTE (1769-1821) y sus textos tributarios, el Derecho trata en general del quién o de las personas y su *status* jurídico; del qué o de los bienes; y del cómo o de la transmisión de los bienes *inter vivos* y *mortis causa*; y partiendo de la interpretación de que la distinción del Derecho entre público y privado, sugerida por ULPIANO (*circa* 170-228) en el *Digesto* 1, 1, 1, 2, se refiere a «posiciones» en el estudio y no a una partición del Derecho según su naturaleza<sup>18</sup>, consideramos que los elementos químicos son bienes sobre los cuales pueden recaer los derechos reales de las personas.

Esta afirmación ubica a los elementos químicos en el denominado actualmente «Derecho Civil patrimonial», en la línea académica y doctrinal de DE CASTRO Y BRAVO (1903-1983)<sup>19</sup> o DÍEZ-PICAZO Y PONCE DE LEÓN (1931-2015)<sup>20</sup>. Es decir, el Derecho en el que convergen las personas –incluidas las personas jurídicas– y sus derechos y obligaciones, en tanto cosas o bienes valorables económicamente.

Las cosas o bienes, con una escueta definición normativa, son clasificados en muebles e inmuebles en el artículo 516 del Código de Napoleón (1804);

<sup>15</sup> Cfr. GUZMÁN BRITO, Alejandro: «El carácter dialéctico del sistema de las *Instituciones* de Gayo». En: *Estudios de Derecho romano en homenaje al profesor Dr. Don Francisco Samper*. Librotecnia. P.-I. CARVAJAL, coord. Santiago, 2007, pp. 427-458.

<sup>16</sup> GAYO: *Instituciones*. 5.<sup>a</sup>, Abeledo-Perrot. Trad. y notas A. DI PIETRO. Buenos Aires, 1997.

<sup>17</sup> JUSTINIANO: *Cuerpo del Derecho Civil Romano*. Ts. I-VI. Editorial Lex Nova. Trad. I. L. GARCÍA DEL CORRAL. Valladolid, 2004.

<sup>18</sup> GUZMÁN BRITO, Alejandro: «El Derecho público y el Derecho privado». En: *Persona y Derecho*. N.º 72. Universidad de Navarra. Pamplona, 2015, pp. 11-21.

<sup>19</sup> DE CASTRO Y BRAVO, Federico: *Derecho Civil de España*. Thomson Civitas. Madrid, 2008.

<sup>20</sup> DÍEZ-PICAZO, Luis: *Fundamentos del Derecho Civil patrimonial*. Ts. I-VI. 6.<sup>a</sup>, Thomson Civitas. Madrid, 2012. También DÍEZ-PICAZO, Luis y GULLÓN, Antonio: *Instituciones de Derecho Civil*. 2.<sup>a</sup>, Tecnos. Madrid, 2000.

además de ello, son identificados como «objeto de propiedad» en el artículo 379 del Proyecto de Código español de Florencio GARCÍA DE GOYENA (1783-1855); y, distinguidos como corporales e incorporeales en el artículo 565 del Código de BELLO (1781-1865), son desarrollados como los que «tienen un ser real» o «consisten en meros derechos»<sup>21</sup>.

En línea directa del Código francés, podemos ubicar las normas contenidas, por ejemplo, en el Código brasileño, artículos 79 y siguientes, que clasifica los bienes en muebles e inmuebles y precisa algunos ejemplos de cada uno. En este mismo sentido, se decanta el Código peruano en sus artículos 885 y siguientes.

Por su parte, en la misma línea del Proyecto de Código de GARCÍA DE GOYENA, podemos mencionar el Código Civil Federal de México, que en el artículo 747 define los bienes como todas aquellas cosas que pueden ser «objeto de apropiación» y «no estén excluidas del comercio»; el Código de Venezuela, artículo 525, en el cual se describen los bienes como las cosas que «pueden ser objeto de propiedad pública o privada»; y el artículo 333 del Código Civil español, que define a las cosas como aquellas que «pueden ser objeto de apropiación».

Otras variantes son el Código portugués en su artículo 202, en el cual se definen las cosas como «*tudo aquilo que pode ser objecto de relações jurídicas*»; el Código argentino, artículo 2312, que explica los bienes como «objetos inmateriales susceptibles de valor» y «las cosas»; y el Código italiano, en su artículo 810, que describe los bienes como «*le cose che possono formare oggetto di diritti*».

---

<sup>21</sup> Para el Código Civil francés puede consultarse en línea el Servicio Público de Difusión del Derecho: <https://www.legifrance.gouv.fr/>; el Proyecto de Código español de 1851, se encuentra en la obra de LASSO GAITE, Juan Francisco: *Crónica de la codificación española: Codificación civil (génesis e historia del Código)*. T. IV, 2 vols. Ministerio de Justicia. Madrid, 1978; el Código chileno de 1855 está contenido en BELLO, Andrés: *Obras completas*. T. XIV. Fundación La Casa de Bello. Caracas, 1981.

A propósito de esa apropiabilidad de los bienes, la mejor doctrina resalta que, independientemente de su corporabilidad, estos deben tener utilidad y un valor económico, es decir, patrimonial<sup>22</sup>. Bajo este esquema, es fácil identificar a los elementos químicos y sus compuestos como cosas o bienes en el sentido jurídico. Nada más útil que la mezcla de cobre y estaño (bronce), de cobre y cinc (latón), o de hierro, endurecido con carbono (acero). Nada más precioso que el oro, la plata, el platino, el paladio o el rodio, considerado este último como el metal más caro del mundo.

La referida noción de apropiabilidad de los bienes no encuentra antecedentes en la clasificación romana de *res in commercio* y *res extra commercium* (Gai., II, 1 y D. 1, 8, 1), sino en las extraordinarias limitaciones a la propiedad surgidas en el Derecho postclásico y con la cual hoy suele confundirse<sup>23</sup>. Al respecto, ALBALADEJO (1920-2012) señala que las cosas de tráfico restringido, a diferencia de las de tráfico libre, no pueden pertenecer a cualquiera, o ser vendidas, arrendadas, entre otras, sin limitaciones, dando como ejemplo de ellas, los venenos por razones de higiene y seguridad<sup>24</sup>.

### 3. Normas químicas

#### 3.1 Selección y tratamiento

De la revisión en línea del BOE<sup>25</sup>, no se encontraron referencias sobre 70 de los 118 elementos actualmente contenidos en la tabla periódica. A saber: helio, berilio, neón, argón, escandio, galio, germanio, kriptón, rubidio, estroncio, itrio, niobio, tecnecio, rutenio, rodio, paladio, indio, telurio, xenón, cerio, praseodimio, neodimio, prometio, samario, europio, gadolinio, terbio, disprosio, holmio, erbio, tulio, iterbio, lutecio, hafnio, renio, osmio, iridio, talio, polonio, astato, francio, radio, actinio, torio, protactinio, neptunio, americio, curio, berkelio, californio, einstenio, fermio, mendelevio, nobelio,

<sup>22</sup> Cfr. DÍEZ-PICAZO y GULLÓN: ob. cit. (*Instituciones de Derecho...*), vol. 1-1, p. 247.

<sup>23</sup> Cfr. FERNÁNDEZ DE BUJÁN, Antonio: *Derecho privado romano*. 6.<sup>a</sup>, Civitas. Madrid, 2013.

<sup>24</sup> Cfr. ALBALADEJO, Manuel: *Derecho Civil*. T. I (Introducción y parte general). 15.<sup>a</sup>, Bosch. Barcelona, 2002, p. 519.

<sup>25</sup> Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado, <https://www.boe.es/buscar/>.

laurencio, rutherfordio, dubnio, seaborgio, bohrio, hassio, meitnerio, darmstadtio, roentgenio, copernicio, nihonio, flerovio, moscovio, livermorio, teneso y oganesón.

Por su parte, en las indagaciones exitosas, se obtuvieron referencias –en casos como el hierro y el plomo, muy numerosas– de 48 de los 118 elementos actualmente contenidos en la tabla periódica. Precisamente, en búsquedas en línea de elementos como el hierro o el oro, se tuvo cuidado de filtrar los resultados para excluir entradas en las cuales, por ejemplo, en vez de un elemento se hiciera referencia a «El Hierro», isla del archipiélago canario, o al «Toisón de Oro», nombre de la Insigne Orden perteneciente a la Casa Real Española. En todo caso, cuando se encontró más de una entrada por elemento, se escogió una como ejemplo, coincidiendo casi siempre con la entrada más reciente.

### *3.2. Elementos normalizados*

A continuación, los elementos mencionados en la normativa española o comunitaria, referida por el BOE:

1. Hidrógeno (H): «Reglamento (UE) N.º 559/2014 del Consejo, de 6 de mayo de 2014, por el que se establece la Empresa Común Pilas de Combustible e Hidrógeno 2». De conformidad con lo dispuesto en el artículo 187 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea y en el marco del programa Horizonte 2020, se crea la Empresa Común Pilas de Combustible e Hidrógeno 2, extensión hasta el 31 de diciembre de 2024, del ente precedente creado en el Reglamento (CE) N.º 521/2008. La Empresa es una asociación mixta –público-privada–, con arreglo a lo dispuesto en el artículo 209 del Reglamento (UE, Euratom) N.º 966/2012, que goza de personalidad jurídica propia, y tiene su sede jurídica en la ciudad de Bruselas (Bélgica).

Su objeto es la promoción del hidrógeno como vector de energía, y de las pilas de combustible como convertoras de energía, a fin de ofrecer una vía hacia sistemas limpios que reduzcan las emisiones, mejoren la seguridad energética y potencien la economía. Las pilas de combustible son dispositivos electroquímicos que transforman directamente la energía química en eléctrica. Parten



de un combustible –hidrógeno– y de un comburente –oxígeno– para producir agua, electricidad en forma de corriente continua y calor.

En España, desde 2007 existe el Centro Nacional de Experimentación de Tecnologías de Hidrógeno y Pilas de Combustible (CNH2)<sup>26</sup>, con forma y objetivos similares a la Empresa Común Pilas de Combustible e Hidrógeno 2.

2. Litio (Li): «Acuerdo Multilateral M-292 en virtud de la sección 1.5.1 del Acuerdo Europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (ADR), relativo al transporte de baterías de litio dañadas que son transportadas de acuerdo a las condiciones especificadas por la autoridad competente bajo la disposición especial 376, hecho en Madrid el 22 de diciembre de 2015». Las baterías de ión litio y de metal litio, utilizadas en terminales de teléfonos inteligentes o coches eléctricos, después de completar su vida útil –de alrededor de 3 años– son desechadas y recicladas por la industria, que cada vez más aprovecha sus contenidos de litio y sobre todo el muy valioso cobalto<sup>27</sup>. No obstante, estas baterías son susceptibles de desarmarse y reaccionar de forma peligrosa, produciendo una llama, desprendiendo calor o emitiendo gases o vapores tóxicos, corrosivos o inflamables, por lo que existen normas técnicas específicas como las referidas, para su transporte en las mejores condiciones de seguridad posibles en el territorio de España y Europa.

3. Boro (B): «Directiva del Consejo, de 18 de septiembre de 1989, por la que se completa y modifica la directiva 76/116/CEE en lo que respeta a los oligoelementos boro, cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y cinc en los abonos». Los oligoelementos, entre ellos, boro, cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y cinc, son elementos que ocasionalmente deben aportarse como fertilizantes a los terrenos de cultivo. En tal sentido, en Europa se

<sup>26</sup> Vid. Centro Nacional de Experimentación de Tecnologías de Hidrógeno y Pilas de Combustible (CNH2): «El CNH2», <https://www.cnh2.es/>.

<sup>27</sup> Cfr. AJAYAN, Pulickel M. et. al.: «Deep eutectic solvents for cathode recycling of Li-ion batteries». En: *Nature Energy*. N.º 4. 2019, pp. 339-345, <https://www.nature.com/articles/s41560-019-0368-4>.

han tomado medidas para garantizar la libre circulación de tales elementos como mercancías.

4. Carbono (C): «Decisión de la Comisión, de 24 de diciembre de 2009, por la que se determina, de conformidad con la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, una lista de los sectores y subsectores que se consideran expuestos a un riesgo significativo de fuga de carbono [notificada con el N.º C(2009) 10251]». El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) –junto al metano (CH<sub>4</sub>) y los óxidos de nitrógeno– es un gas de efecto invernadero, cuya acumulación en la atmósfera se considera causa del calentamiento global, y los controles en su emisión uno de los principales objetivos de la preservación del medio ambiente. En este sentido, en 2005 Europa creó el Régimen de comercio de derechos de emisión de la UE (RCDE UE), mercado de derechos de emisión basado en la imposición de fuertes sanciones patrimoniales a los infractores de los límites establecidos a determinadas actividades, consideradas especialmente contaminantes<sup>28</sup>.

A título enunciativo, en la lista de los sectores y subsectores que se consideran expuestos a un riesgo significativo de fuga de carbono, según la nomenclatura estadística de actividades económicas de la Comunidad Europea (código NACE), pueden mencionarse la fabricación de calzado, la industria del azúcar, la elaboración de vinos, la fabricación de azulejos y baldosas de cerámica, y la fabricación de chapas, tableros contrachapados, alistonados, de partículas aglomeradas, de fibras y otros tableros y paneles.

5. Nitrógeno (N): «Decisión de la Comisión, de 17 de octubre de 2001, por la que se modifica el anexo v de la Directiva 1999/30/CE del Consejo relativa a los valores límite de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas y plomo en el aire ambiente [notificada con el N.º C(2001) 3091]». El dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) –junto al metano (CH<sub>4</sub>) y el dióxido de carbono– es un gas de efecto invernadero, cuya acumulación en la atmósfera se considera causa del calentamiento global. Ahora bien, la

<sup>28</sup> *Cfr.* Comisión Europea: «Régimen de comercio de derechos de emisión de la UE (RCDE UE)», [https://ec.europa.eu/clima/policies/ets\\_es](https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_es).

correcta consideración y el tratamiento de los efectos de estos elementos gaseosos y los compuestos en los cuales normalmente se presentan, ha sido en una constante en el desarrollo de la química, que precisa mediciones. En este sentido, la referida normativa establece el método de determinación de los umbrales superior e inferior de evaluación del dióxido de nitrógeno.

Gran parte de las controversias en torno a la evaluación del calentamiento global y sus posibles causas y correctivos, tiene su origen en los métodos de medición de los gases de efecto invernadero, de allí que su revisión y actualización sea una preocupación constante de los órganos con responsabilidad ecológica<sup>29</sup>.

6. Oxígeno (O): «Orden de 16 de mayo de 1980 por la que se aprueba la Norma Tecnológica NTE-IGO, “Instalaciones de Gas: Oxígeno”». Gases como el helio (He), el nitrógeno (N<sub>2</sub>), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y especialmente el oxígeno (O<sub>2</sub>) son utilizados en tratamientos médicos. De allí que resulte indispensable su almacenamiento y suministro en áreas hospitalarias. En este sentido, la referida Norma Tecnológica NTE-IGO, «Instalaciones de Gas: Oxígeno», prevé lo referente a las actuaciones de diseño, cálculo, construcción, control, valoración y mantenimiento de tales instalaciones, entonces encomendadas a la Dirección General de Arquitectura y Vivienda del Ministerio de Industria y Energía y al Consejo de Obras Públicas y Urbanismo.

7. Flúor (F): «Directiva 2005/87/CE de la Comisión, de 5 de diciembre de 2005, por la que se modifica el anexo I de la Directiva 2002/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre sustancias indeseables en la alimentación animal, en lo referente al plomo, el flúor y el cadmio». El flúor generado en exceso en algunos procesos industriales, como la producción de aluminio, producen la contaminación de los pastos y alimentos de animales para el consumo humano. En este sentido, se toman medidas uniformes en la Unión

---

<sup>29</sup> Cfr. EFE: «Expertos revisan la metodología para medir los gases de efecto invernadero», 13-05-2019, <https://www.efeverde.com/noticias/gases-efecto-invernadero-medir/>.

Europea, sobre todo en el procedimiento de extracción de muestras utilizado para los análisis de laboratorio para determinar niveles de contaminación.

8. Sodio (Na): «Decisión de Ejecución (UE) 2019/1959 de la Comisión de 26 de noviembre de 2019 por la que no se aprueba el uso del fosfato de plata, sodio, hidrógeno y circonio como sustancia activa existente en biocidas de los tipos de producto 2 y 7». Los biocidas del tipo de producto 2 se refieren a desinfectantes y alguicidas no destinados a la aplicación directa a personas o animales; y los del tipo de producto 7 se refieren a conservantes para películas o recubrimientos, como pinturas, plásticos, selladores, adhesivos murales o aglutinantes. En el presente caso, no se aprueba el uso de sodio en dichos biocidas, por no demostrar eficacia suficiente.

9. Magnesio (Mg): «Reglamento Delegado (UE) 2017/216 de la Comisión, de 30 de noviembre de 2016, por el que se modifica el Reglamento (UE) N.º 98/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo, en lo relativo a la adición del polvo de magnesio a la lista de precursores de explosivos en el anexo II». Aunque el magnesio es precursor de explosivos, la evolución observada en su utilización actualmente no justifica la restricción en su acceso por los particulares, de manera que dicho elemento no se incluye entre aquellos sometidos a normas armonizadas sobre su disponibilidad para los particulares y que garantizan la adecuada comunicación de las transacciones sospechosas, desapariciones y robos en todas las fases de la cadena de suministro. Por su parte, la Organización Mundial de Aduanas controla los envíos de elementos como el magnesio en todo el mundo para detectar casos de tráfico ilícito en la fabricación de precursores de explosivos improvisados.

10. Aluminio (Al): «Directiva (UE) 2019/1922 de la Comisión de 18 de noviembre de 2019 por la que se modifica, para adaptarlo al progreso técnico y científico, el punto 13 de la parte III del anexo II de la Directiva 2009/48/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la seguridad de los juguetes, en lo que respecta al aluminio». El nivel de ingesta por migración tolerable de aluminio es de 0,3 mg/kg de peso corporal. Al calcular los límites en juguetes, se estableció que los niños también están expuestos a dicho elemento

a través de otras fuentes distintas de los juguetes, por lo que la aportación máxima de los juguetes a la ingesta diaria recomendada de aluminio es del 10 % del referido nivel. Conforme a ello, considerando un niño de 3 años, con un peso estimado de 7,5 kg, se consideró como límites: «2250 mg/kg para el material para juguetes seco, quebradizo, en polvo o maleable; 560 mg/kg para el material para juguetes líquido o pegajoso; y 28 130 mg/kg para el material para juguetes raspado».

11. Silicio (Si): «Decisión de la Comisión, de 13 de abril de 2004, por la que se acepta el compromiso ofrecido en relación con el procedimiento anti-dumping correspondiente a las importaciones de silicio originario de Rusia [notificada con el N.º C(2004) 1312]». El silicio, uno de los elementos más abundantes de la naturaleza, tiene amplios usos en la industria, tales como la fabricación de vidrio, cemento, circuitos integrados (chip o microchip), o componente equivalente al carbono, en la elaboración de aleaciones. Este último es el uso dado en el caso resuelto por la Comisión, en el cual se acepta el compromiso de una empresa rusa y su socia comercial suiza, para evitar la práctica del *dumping* o vender a precios inferiores al costo, para adueñarse del mercado, con grave perjuicio de este, y se establecen las medidas de supervisión de la ejecución del mismo.

12. Fósforo (P): «Reglamento (UE) N.º 259/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de marzo de 2012, por el que se modifica el Reglamento (CE) N.º 648/2004 en lo que se refiere al uso de fosfatos y otros compuestos de fósforo en detergentes para lavavajillas automáticos y para ropa destinados a los consumidores». El fósforo agregado a los detergentes y luego desechado en las aguas residuales propician la proliferación de algas (eutrofización) que asfixian a las poblaciones de peces en ríos, lagos y mares. En tal sentido, ha venido limitándose la utilización de fósforo y fosfatos en la fabricación de detergentes para lavavajillas automáticos y para ropa, con miras a su total desaparición en la medida que surjan sustitutos económicamente viables para la industria<sup>30</sup>.

<sup>30</sup> Cfr. Parlamento Europeo: «El PE restringe el uso de fósforo en detergentes para proteger la vida acuática», 14-12-2011, <https://www.europarl.europa.eu/news/es/>

13. Azufre (S): «Decisión de la Comisión, de 17 de octubre de 2001, por la que se modifica el anexo v de la Directiva 1999/30/CE del Consejo relativa a los valores límite de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas y plomo en el aire ambiente [notificada con el N.º C(2001) 3091]». (*Vid. supra*, nitrógeno).

14. Cloro (Cl): «Orden de 1 de marzo de 1984 por la que se aprueba la instrucción técnica complementaria MIE-APQ-003, “Almacenamiento de cloro”, del Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos». El cloro presente en los cloruros se utiliza abundantemente para la purificación del agua, la elaboración de desinfectantes y en procesos industriales, como la fabricación de plásticos, solventes, insecticidas y colorantes. No obstante, el cloro es venenoso; de hecho, fue utilizado como arma química en la Primera Guerra Mundial (1914-1918)<sup>31</sup>. En tal sentido, existen normas técnicas y de seguridad para el almacenamiento de cloro, en las cuales se busca un «buen diseño mecánico de la instalación, un control de calidad esmerado en la ejecución, una formación adecuada del personal que ha de gobernar la instalación y una seguridad en las revisiones periódicas de los equipos que la componen».

15. Potasio (K): «Reglamento de Ejecución (UE) 2018/1533 de la Comisión, de 12 de octubre de 2018, relativo a la autorización del alginato de sodio como aditivo en piensos para gatos, perros, otros animales no productores de alimentos y peces y del alginato de potasio como aditivo en piensos para gatos y perros». El alginato, extraído de las algas pardas (*Phaeophyceae*), se utiliza en la industria alimentaria en general y en la de alimentos para mascotas en particular. El alginato de potasio autorizado por la Comisión, además de no ser nocivo para la salud animal el ambiente, es eficaz como estabilizante, espesante, gelificante y ligante en la industria de los alimentos.

16. Calcio (Ca): «Directiva del Consejo, de 13 de abril de 1989, por la que se Completa y modifica la Directiva 76/116/CEE en lo que se refiere al calcio, magnesio, sodio y azufre contenidos en los abonos». (*Vid. supra*, boro).

---

press-room/20111213IPR34069/el-pe-restringe-el-uso-de-fosforo-en-detergentes-para-proteger-la-vida-acuatica.

<sup>31</sup> *Cfr.* STRATHERN: ob. cit., *passim*.

17. Titanio (Ti): «Orden de 18 de abril de 1991 por la que se establecen normas para reducir la contaminación producida por los residuos de las industrias del dióxido de titanio». El dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) está presente en la mayoría de productos de color blanco o tonos pastel, también se utiliza en la industria cosmética y farmacéutica como bloqueador de los rayos ultravioletas provenientes de la luz solar. Sin embargo, el dióxido de titanio contamina las aguas y afecta la vida acuática, por lo que se toman medidas para la supervisión y control de los medios afectados por tales residuos.

18. Vanadio (V): «Real Decreto 2514/1977, de 27 de agosto, por el que se modifica la subpartida arancelaria 28.28-B (Pentóxido de vanadio)». El vanadio, bajo la forma de pentóxido de vanadio (V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), tradicionalmente utilizado en la fabricación de acero y la producción de ácido sulfúrico para la industria, hoy es relevante en la elaboración de baterías que almacenan la energía producida en plantas solares y eólicas. En España, durante el siglo XX, en la región de Extremadura, se extrajo vanadio, por lo cual fue frecuente el establecimiento de aranceles a la importación de dicho elemento. Hoy en día, resurge el interés en la explotación del vanadio en localidades como Azuaga y Santa Marta de los Barros<sup>32</sup>.

19. Cromo (Cr): «Directiva (UE) 2018/725 de la Comisión, de 16 de mayo de 2018, por la que se modifica, para adaptarlo al progreso técnico y científico, el punto 13 de la parte III del anexo II de la Directiva 2009/48/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la seguridad de los juguetes, en lo que respecta al cromo VI». Así como se refiere respecto del aluminio, se han regulado los niveles de cromo en los juguetes, a propósito de los riesgos de cáncer bucal. En este sentido, considerando el nivel de ingesta por migración tolerable de cromo VI de 0,2 mg/kg de peso corporal, con base en lo cual se estableció que la aportación máxima de los juguetes a la ingesta diaria de cromo VI es del 10 %.

<sup>32</sup> Vid. VINAGRE, Celestino J.: «Una empresa quiere extraer vanadio en Extremadura, mineral clave para las renovables», 14-12-2019, <https://www.hoy.es/extremadura/empresa-quiere-extraer-20191214003357-ntvo.html>.

20. Manganeso (Mn): «Directiva del Consejo, de 18 de septiembre de 1989, por la que se completa y modifica la directiva 76/116/CEE en lo que respeta a los oligoelementos boro, cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y cinc en los abonos». (*Vid. supra*, boro).

21. Hierro (Fe): «Directiva del Consejo, de 18 de septiembre de 1989, por la que se completa y modifica la directiva 76/116/CEE en lo que respeta a los oligoelementos boro, cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y cinc en los abonos». (*Vid. supra*, boro).

22. Cobalto (Co): «Directiva del Consejo, de 18 de septiembre de 1989, por la que se completa y modifica la directiva 76/116/CEE en lo que respeta a los oligoelementos boro, cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y cinc en los abonos». (*Vid. supra*, boro).

23. Níquel (Ni): «Recomendación (UE) 2016/1110 de la Comisión, de 28 de junio de 2016, relativa al control de la presencia de níquel en los piensos». El níquel utilizado en la fabricación de aleaciones metálicas y como catalizador de procesos químicos puede contaminar el aire y el agua y afectar la salud, principalmente como agente cancerígeno y alergénico<sup>33</sup>. En este sentido, aunque es improbable la incidencia de dicho elemento en piensos para bovinos, porcinos, conejos, patos, peces, perros, pollos, caballos, ovinos, caprinos y gatos, se controla la presencia de níquel en los piensos en toda la Unión Europea antes de examinar el establecimiento de niveles máximos del mismo.

24. Cobre (Cu): «Directiva del Consejo, de 18 de septiembre de 1989, por la que se completa y modifica la directiva 76/116/CEE en lo que respeta a los oligoelementos boro, cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y cinc en los abonos». (*Vid. supra*, boro).

---

<sup>33</sup> Cfr. U. S. Department of Health and Human Services. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), «Nickel», <https://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=44>.



25. Zinc (Zn) –Cinc–: «Directiva del Consejo, de 18 de septiembre de 1989, por la que se completa y modifica la directiva 76/116/CEE en lo que respeta a los oligoelementos boro, cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y cinc en los abonos». (*Vid. supra*, boro).

26. Arsénico (As): «Real Decreto 812/2007, de 22 de junio, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos». El arsénico es toxico, llamado el rey de los venenos por la extensión de uso como tal desde la prehistoria, y, además de los alimentos o el agua, podría encontrarse presente en el aire que respiramos. Su incorporación al aire como polvos o gases (arsina) podría deberse a procesos industriales (fundiciones de cobre y plomo) o a la combustión de piedras o maderas que lo contienen<sup>34</sup>. La legislación busca definir y establecer un valor objetivo de concentración de arsénico en el aire ambiente, y garantizar el mantenimiento de la calidad de este donde es buena y la mejora en otros casos, a fin de evitar, prevenir o reducir sus efectos perjudiciales en la salud humana y en el medioambiente en su conjunto.

27. Selenio (Se): «Reglamento de Ejecución (UE) 2019/804 de la Comisión, de 17 de mayo de 2019, relativo a la renovación de la autorización de la forma orgánica de selenio producida por *Saccharomyces cerevisiae* CNCM I-3060 y de selenometionina producida por *Saccharomyces cerevisiae* NCYC R397 como aditivo en piensos para todas las especies animales y por el que se derogan los Reglamentos (CE) N.º 1750/2006 y (CE) N.º 634/2007». Aunque el selenio está considerado un elemento peligroso para el medio ambiente, también es un antioxidante que ayuda a neutralizar los radicales libres, induce la apoptosis, estimula el sistema inmunológico e interviene en el funcionamiento de la glándula tiroides. Asimismo, se ha sugerido la correlación entre el consumo de suplementos de selenio y la prevención del cáncer en humanos<sup>35</sup>.

<sup>34</sup> Cfr. U. S. Department of Health and Human Services. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), «*Public Health Statement for Arsenic*», <https://www.atsdr.cdc.gov/phs/phs.asp?id=18&tid=3>.

<sup>35</sup> *Vid.* KAUR, T. y BANSAL, M. P.: «*Selenium enrichment and anti-oxidant status in baker's yeast, Saccharomyces cerevisiae at different sodium selenite concentrations*». En: *Nutrición Hospitalaria*. N.º 21, 6. Madrid, 2006, [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0212-16112006000900012](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112006000900012).

Por su parte, la forma orgánica de selenio producida por la levadura *Saccharomyces cerevisiae* CNCM I-3060 y la selenometionina producida por *Saccharomyces cerevisiae* NCYC R397 son utilizadas como aditivos para pienso y, para este caso, se estudian posibles efectos adversos para los trabajadores de la industria, como irritación ocular y de las mucosas, así como sensibilidad cutánea y respiratoria.

28. Bromo (Br): «Decreto 1558/1974, de 31 de mayo, por el que se modifican los derechos arancelarios de las partidas 28.01-C, 28.33 y 29.02-A-2 (bromo, bromuros y oxibromuros, bromatos y perbromatos, hipobromitos y bromuros y polibromuros)». Vigencia agotada.

29. Zirconio (Zr) –Circonio–: «Decisión de Ejecución (UE) 2019/1959 de la Comisión de 26 de noviembre de 2019 por la que no se aprueba el uso del fosfato de plata, sodio, hidrógeno y circonio como sustancia activa existente en biocidas de los tipos de producto 2 y 7». (*Vid. supra*, sodio).

30. Molibdeno (Mo): «Directiva del Consejo, de 18 de septiembre de 1989, por la que se completa y modifica la directiva 76/116/CEE en lo que respecta a los oligoelementos boro, cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y cinc en los abonos». (*Vid. supra*, boro).

31. Plata (Ag): «Orden ECE/1345/2018, de 14 de diciembre, por la que se acuerda la emisión, acuñación y puesta en circulación de monedas de colección de la II Serie de «Un kilogramo de plata» dedicada a “Unidades Monetarias Españolas”». El uso de metales como la plata o aleaciones de esta ha sido como monedas desde el siglo VII a. C. La importancia del dinero en el desarrollo del comercio y la economía al permitir la superación del trueque resulta evidente; y de los metales como la plata y el oro vinculados a las monedas, lo fueron hasta 1944, cuando, en la Conferencia Monetaria y Financiera de las Naciones Unidas (Bretton Woods), los países decidieron sustituir el patrón bimetálico como base del sistema financiero internacional. No obstante, la plata se sigue usando en la acuñación de monedas conmemorativas. En el presente caso, se usa un contenido mínimo de 999 milésimas de

plata en monedas de 1007,0 g (aproximadamente 1 kilo de plata), con motivo de celebrar las unidades monetarias españolas.

32. Cadmio (Cd): «Directiva Delegada (UE) 2016/1029 de la Comisión, de 19 de abril de 2016, que modifica, para adaptarlo al progreso técnico, el anexo iv de la Directiva 2011/65/UE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a una exención para los ánodos de cadmio utilizados en las células Hersch para sensores de oxígeno empleados en instrumentos industriales de vigilancia y control». Dada la toxicidad del plomo, se ha propuesto su prohibición en los aparatos eléctricos y electrónicos que se introduzcan en el mercado. El cadmio está presente en los ánodos de las células Hersch, que se utilizan en sensores de oxígeno especializados de gran sensibilidad. No obstante, en comparación con los sensores de las células Hersch, ninguna de las tecnologías alternativas disponibles ofrece la misma sensibilidad, fiabilidad y exactitud a la hora de medir la concentración de oxígeno cuando se requiera una sensibilidad por debajo de 10 ppm, por cual se concede una exención a la prohibición del uso del referido elemento, hasta el 15 de julio de 2023.

33. Estaño (Sn): «Reglamento Delegado (UE) 2019/429 de la Comisión, de 11 de enero de 2019, por el que se completa el Reglamento (UE) 2017/821 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta a la metodología y los criterios para la evaluación y el reconocimiento de los programas de diligencia debida en la cadena de suministro de estaño, tantalio, wolframio y oro». En situaciones de conflicto o de alto riesgo, las explotaciones mineras pueden convertirse en parte del problema, pues alimentan el brote o la continuación de conflictos violentos y socavan los esfuerzos en pos del desarrollo, la buena gobernanza y el Estado de Derecho. En tal sentido, se busca romper el nexo entre los conflictos y la explotación ilegal de minerales, para lo cual se establecen obligaciones en materia de diligencia debida por lo que respecta a los importadores de la Unión de estaño, tantalio y wolframio, sus minerales, y oro, que se abastecen en zonas de conflicto o de alto riesgo.

34. Antimonio (Sb): «Decisión de la Comisión, de 6 de junio de 1994, por la que se da por concluido el procedimiento antidumping relativo a las importaciones

de trióxido de antimonio refinado originario de la República Popular China». El producto sobre el cual se estudia la práctica de *dumping* es el trióxido de antimonio ( $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ) refinado en polvo, que se aplica como retardador de la llama en plásticos, sistemas poliméricos, goma y pinturas, así como catalizador de polimerización en la producción de fibras de polietileno y de poliéster, agente de fusión del cristal y opacificador de la cerámica. Ante inquietudes ambientales y de salubridad, el compuesto se humedece para su presentación en pasta, sin alterar su naturaleza química.

35. Yodo (I): «Recomendación (UE) 2018/464 de la Comisión, de 19 de marzo de 2018, relativa al control de metales y yodo en las algas marinas, las plantas halófilas y los productos a base de algas marinas». El yodo puede resultar peligroso para la salud en ingestas superiores a 600  $\mu\text{g}/\text{día}$  para los adultos y de 200  $\mu\text{g}/\text{día}$  para los niños de 1 a 3 años. Las algas marinas y las plantas halófilas propias de los litorales marinos acumulan una gran cantidad de yodo, lo cual amerita controles sobre sus niveles de concentración de tal elemento.

36. Cesio (Cs): «Recomendación de la Comisión, de 14 de abril de 2003, sobre la protección y la información del público en relación con la exposición derivada de la contaminación persistente por cesio radiactivo de determinados alimentos de origen silvestre, como consecuencia del accidente ocurrido en la central nuclear de Chernobil [notificada con el N.º C(2003) 510]». El 26 de abril de 1986, el accidente nuclear de Chernobyl lanzó grandes cantidades de cesio 137 al aire, un metal alcalino altamente soluble en agua y químicamente tóxico, que contaminó los ecosistemas de varios Estados miembros y países candidatos a la adhesión a la Unión Europea. Al respecto, se establecieron niveles máximos permitidos de cesio radiactivo para la importación de productos silvestres, como las bayas: arándanos, camemoros, arándanos rojos, frambuesas, zarzamoras y fresas silvestres; las setas silvestres comestibles: rebozuelo, boleto bayo y lengua de gato; la carne de caza silvestre: corzo, ciervo y jabalí; y, los peces carnívoros de agua dulce: lucios y percas. Se estima que la contaminación por cesio persista durante treinta años (2016).

37. Bario (Ba): «Reglamento de Ejecución (UE) 2017/1759 de la Comisión, de 27 de septiembre de 2017, por el que se establece un derecho antidumping definitivo sobre las importaciones de carbonato de bario originario de la República Popular China tras una reconsideración por expiración de conformidad con el artículo 11, apartado 2, del Reglamento (UE) 2016/1036 del Parlamento Europeo y del Consejo». El carbonato de bario ( $\text{BaCO}_3$ ) se utiliza como materia prima en diversos sectores industriales. Se utiliza fundamentalmente en la fabricación de fritas y esmaltes cerámicos, ladrillos y baldosas, y vidrios especiales, así como en la industria química.

38. Lantano (La): «Reglamento de Ejecución (UE) 2019/913 de la Comisión, de 29 de mayo de 2019, relativo a la renovación de la autorización del carbonato de lantano, octahidrato, como aditivo en los alimentos para gatos y por el que se deroga el Reglamento (CE) N.º 163/2008 (titular de la autorización: Bayer HealthCare AG)». Aunque el lantano es nocivo para la salud, el compuesto carbonato de lantano, octahidrato, es utilizado en el tratamiento de insuficiencias renales y como aditivo en cierta variedad de alimentos para gatos, a fin de capturar el fósforo antes de ser absorbido por el intestino del animal<sup>36</sup>.

39. Tantalio (Ta): «Reglamento Delegado (UE) 2019/429 de la Comisión, de 11 de enero de 2019, por el que se completa el Reglamento (UE) 2017/821 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta a la metodología y los criterios para la evaluación y el reconocimiento de los programas de diligencia debida en la cadena de suministro de estaño, tantalio, wolframio y oro». (*Vid. supra*, estaño).

40. Wolframio (W): «Reglamento Delegado (UE) 2019/429 de la Comisión, de 11 de enero de 2019, por el que se completa el Reglamento (UE) 2017/821 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta a la metodología y los criterios para la evaluación y el reconocimiento de los programas de

<sup>36</sup> SCHMIDT, B. H. *et al.*: «*Tolerability and efficacy of the intestinal phosphate binder Lantharenol<sup>®</sup> in cats*». En: *BMC Veterinary Research*. N.º 8, 14. 2012, <https://bmcvetres.biomedcentral.com/articles/10.1186/1746-6148-8-14#citeas>.

diligencia debida en la cadena de suministro de estaño, tantalio, wolframio y oro». (*Vid. supra*, estaño).

41. Platino (Pt): «Directiva Delegada 2014/73/UE de la Comisión, de 13 de marzo de 2014, que modifica, para adaptarlo al progreso técnico, el anexo iv de la Directiva 2011/65/UE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a una exención para el plomo en electrodos de platino platinizados utilizados en mediciones de la conductividad». Dada la toxicidad del plomo, se ha propuesto su prohibición en los aparatos eléctricos y electrónicos que se introduzcan en el mercado. Para ello se plantea –a pesar de las dificultades materiales– su sustitución por electrodos de platino platinizados, ideales cuando hay que realizar mediciones de la conductividad de amplia gama o para medir la conductividad en condiciones fuertemente ácidas o alcalinas.

42. Oro (Au): «Reglamento Delegado (UE) 2019/429 de la Comisión, de 11 de enero de 2019, por el que se completa el Reglamento (UE) 2017/821 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta a la metodología y los criterios para la evaluación y el reconocimiento de los programas de diligencia debida en la cadena de suministro de estaño, tantalio, wolframio y oro». (*Vid. supra*, estaño).

43. Mercurio (Hg): «Reglamento (UE) 2018/73 de la Comisión, de 16 de enero de 2018, por el que se modifican los anexos II y III del Reglamento (CE) N.º 396/2005 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a los límites máximos de residuos de compuestos de mercurio en determinados productos». El mercurio es tóxico y resulta peligroso durante el desarrollo intrauterino y en las primeras etapas de vida<sup>37</sup>. Aunque el mercurio se encuentra en el ambiente de manera natural, actividades humanas como la combustión de desechos y producción de energía, y actividades como la minería, son causa de contaminación. Antes de su prohibición, algunos plaguicidas contenían mercurio. En todo caso, existen controles sobre los límites máximos de mercurio en los alimentos como principal vía de

<sup>37</sup> *Vid.* Organización Mundial de la Salud: «El mercurio y la salud», <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>.

incorporación del mismo, especialmente en peces, aunque también se ha determinado su presencia en frutos de cáscara, hierbas aromáticas, setas cultivadas y silvestres, semillas oleaginosas, en té, café, infusiones y cacao en grano, especias, carne, grasa de origen animal, leche y miel.

44. Plomo (Pb): «Decisión de la Comisión, de 17 de octubre de 2001, por la que se modifica el anexo v de la Directiva 1999/30/CE del Consejo relativa a los valores límite de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas y plomo en el aire ambiente [notificada con el N.º C(2001) 3091]». (*Vid. supra*, nitrógeno).

45. Bismuto (Bi): «Decreto 3289/1973, de 14 de diciembre, por el que se modifica la subpartida arancelaria 81.04-A del Arancel de Aduanas, que tarifa el bismuto metal». Vigencia agotada.

46. Radón (Rn): «Recomendación de la Comisión, de 20 de diciembre de 2001, relativa a la protección de la población contra la exposición al radón en el agua potable [notificada con el N.º C(2001) 4580]». El radón es un gas noble que se desprende del radio y el uranio, contaminando fuentes acuíferas subterráneas que son consumidas con efectos cancerígenos por los seres humanos al inhalar aire proveniente de pozos o beber el agua de estos. El radón en el agua puede verificarse y controlarse a través de dispositivos físicos y técnicos especializados. Al respecto, se establecen recomendaciones para analizar detalladamente el agua y seleccionar una técnica apropiada para eliminar de manera rentable los elementos naturales presentes en el agua que sean significativos desde el punto de vista radiológico.

47. Uranio (U): «Decisión (PESC) 2016/2001 del Consejo, de 15 de noviembre de 2016, sobre una contribución de la Unión al establecimiento y la gestión segura de un Banco de Uranio Poco Enriquecido (UPE) bajo el control del Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) en el marco de la Estrategia de la UE contra la proliferación de armas de destrucción masiva». La fisión nuclear del uranio es la principal fuente de energía de las plantas nucleares. Tras su utilización, el uranio empobrecido resultante es

utilizado para la elaboración de municiones dada su alta densidad, su fragmentación en trozos afilados, su capacidad explosiva a altas temperaturas y dispersión de contaminación radioactiva. Municiones de uranio fueron utilizadas en la Primera Guerra del Golfo, entre 1990 y 1991.

En este sentido dual de la utilidad del uranio, la Unión Europea estableció un Banco de Uranio Poco Enriquecido (UPE) bajo el control del Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) en la República de Kazajistán, para el manejo seguro de hasta 60 cilindros contentivos de hexafluoruro de uranio (UF<sub>6</sub>) poco enriquecido. El valor estimado del Banco es de 118.863.000 EUR.

48. Plutonio (Pu): «Enmiendas de 2007 al Código Internacional para la seguridad del transporte de combustible nuclear irradiado, plutonio y desechos de alta actividad en bultos a bordo de los buques (Código CNI) (publicado en el *Boletín Oficial del Estado* N.º 221, de 14 de septiembre de 2001 y N.º 257, de 26 de octubre de 2001), adoptadas el 12 de octubre de 2007, mediante Resolución MSC 241 (83)». Según expertos, entre 1949 y 1982 se arrojaron 112 000 toneladas de residuos nucleares dentro de 225 586 bidones aislados<sup>38</sup>, lo cual constituye un evidente riesgo para la gente de mar y los ecosistemas marinos. En la medida que se ha tomado conciencia de ello, se han procurado medidas de seguridad en transporte marítimo de tales residuos. Uno de los principales problemas en estos casos es la falta de legislación de los Estados sobre el mar, situación que ha intentado ser resuelta por la Organización Marítima Internacional (OMI), a través del Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida en el Mar o SOLAS, y el Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los Buques o MARPOL 73/78. Las normas específicas sobre la materia contiene indicaciones sobre la identificación, embalaje, estiva o segregación de los residuos.

---

<sup>38</sup> Cfr. BENN, Angela R. et. al.: «Human Activities on the Deep Seafloor in the North East Atlantic: An Assessment of Spatial Extent». En: *Plos One*. 13-09-2010, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0012730>.



#### 4. Soluciones jurídicas ante los retos de la Química

Entre los distintos instrumentos normativos enumerados, destacan las medidas de política económica, es decir, las relativas a evitar el *dumping* de elementos y compuestos provenientes del exterior (silicio, antimonio y bario). Por su número, también destaca el establecimiento de aranceles a las importaciones de elementos químicos de países extracomunitarios o de medidas de promoción del comercio o la industria de estos (*verbi gratia*, boro, calcio, vanadio, manganeso, hierro, cobalto, cobre, zinc, bromo, molibdeno, bismuto y uranio). Asimismo, destaca como forma de intervención directa en la economía, la creación de una empresa europea para fomentar la industria de pilas de hidrógeno.

Después, le siguen las decisiones administrativas dictadas en protección de la salud pública, estableciendo –por ejemplo– límites máximos de concentración en alimentos o productos (*verbi gratia*, aluminio, cromo, níquel, arsénico, yodo, cesio, mercurio, plomo y radón). En sentido similar, se cuentan las medidas referidas a riesgos ambientales (*verbi gratia*, carbono, nitrógeno, fósforo, azufre, titanio, cadmio y plutonio). Asimismo, encontramos una disposición en torno a alimentos contaminados (flúor).

Vinculados con las anteriores, se cuenta una serie de permisos o autorizaciones administrativas para la utilización en la industria de elementos de uso previamente restringido (*verbi gratia*, sodio, potasio, selenio, zirconio, lantano y platino). Por motivos de seguridad, se restringe el comercio de elementos precursores de explosivos, como el magnesio.

Resultan especialmente interesantes, las medidas que restringen el comercio de ciertos elementos provenientes de regiones en conflicto o para la promoción de la paz mundial (*verbi gratia*, estaño, tantalio, wolframio, oro y uranio). También destaca una decisión para la utilización de plata en la confección de monedas conmemorativas del Estado español<sup>39</sup>.

<sup>39</sup> Sobre la posibilidad del uso de monedas de plata u oro como dinero o monedas de curso legal, el artículo 1738 del Código Civil venezolano las trata a tales monedas como bienes determinados en su género, por lo cual, por ejemplo, ante el préstamo

Finalmente, se encontraron disposiciones administrativas relativas al transporte (litio y plutonio), almacenamiento (cloro) y la construcción de instalaciones para su utilización (oxígeno).

Todo ello nos permite evidenciar que la mayoría de las normas estudiadas corresponden a medidas de policía por parte de la Administración, de allí que podamos afirmar categóricamente que los elementos químicos se encuentran principalmente regulados por el Derecho Administrativo.

## 5. Tabla periódica de los elementos normalizada

### 5.1. Frecuencia de los elementos normalizados

Como subproducto de la búsqueda de los elementos jurídicos, también se pudo determinar la frecuencia de regulaciones de cada uno de ellos, pudiendo deducirse en cada caso la importancia para el Derecho del elemento involucrado.

0	Helio, Berilio, Neón, Argón, Escandio, Galio, Germanio, Kriptón, Rubidio, Estroncio, Itrio, Niobio, Tecnecio, Rutenio, Rodio, Paladio, Indio, Teluro, Xenón, Cerio, Praseodimio, Neodimio, Prometio, Samario, Europio, Gadolinio, Terbio, Disproso, Holmio, Erblio, Tulio, Iterbio, Lutecio, Hafnio, Renio, Osmio, Iridio, Talio, Polonio, Astató, Francio, Radio, Actinio, Torio, Protactinio, Neptunio, Americio, Curio, Berkelio, Californio, Einstenio, Fermio, Mendelevio, Nobelio, Laurencio, Rutherfordio, Dubnio, Seaborgio, Bohrio, Hassio, Meitnerio, Darmstadtio, Roentgenio, Copernicio, Nihonio, Flerovio, Moscovio, Livermorio, Teneso, Oganesón.
---	---

---

de monedas de plata deben devolverse monedas de la misma especie e igual cantidad, salvo que no se encuentren, en cuyo caso deberá devolverse el equivalente a su valor de mercado en el momento del préstamo (*cfr.* RODNER, James Otis: «Obligaciones en moneda extranjera». En: *Revista de la Facultad de Derecho*. N.º 24. UCAB. Caracas, 1977, pp. 97-177).

1-9	Vanadio (1), Selenio (1), Circonio (1), Bismuto (1), Oxígeno (2), Bromo (2), Antimonio (2), Yodo (2), Radón (2), Flúor (3), Cobalto (3), Tantalio (3), Platino (3), Boro (4), Cesio (4), Lantano (4), Fósforo (6), Plutonio (6), Litio (7), Cloro (9), Níquel (9), Uranio (9).
10-19	Molibdeno (10), Bario (10), Wolframio (10), Plata (11), Titanio (12), Manganeso (15), Oro (16), Cromo (17), Arsénico (17).
20-29	Estaño (22), Hidrógeno (26).
30-49	Potasio (33), Calcio (34), Cinc (34), Magnesio (37), Nitrógeno (39), Cadmio (44).
50-99	Azufre (51), Mercurio (55), Cobre (67), Sodio (74).
100-149	Aluminio (101), Silicio (102), Carbono (117).
150-299	Plomo (153).
> 300	Hierro (310).

## 5.2. Representación gráfica

Con la información de la frecuencia de los elementos jurídicos, procedemos a elaborar nuestra representación de la «Tabla periódica de los elementos normalizada» o en función de su importancia para el Derecho:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Bc											B	C	N	O	F	Nc
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	*	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	**	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og

*	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
**	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

0	1-9	10-19	20-29	30-49	50-99	100-149	150-299	> 300
---	-----	-------	-------	-------	-------	---------	---------	-------

Frecuencia de los elementos normalizados

La relevancia del hierro y del carbono resulta sugestivo, sobre todo si los comparamos con su misma abundancia en el sistema solar<sup>40</sup>. Pareciera que el hombre los usara en proporción a su disponibilidad en la naturaleza y el Derecho lo reconociera al producir normas sobre ellos. En cuanto al plomo, dudamos que se trate de un resabio de cuando se intentaba subvertir el orden transformando metales viles en oro. En todo caso, podría referirse a su uso en la fabricación de baterías<sup>41</sup>. En todo caso, iniciando un diálogo interdisciplinario, corresponderá a los químicos opinar sobre los resultados arrojados por nuestra tabla periódica de los elementos normalizada.

## Conclusiones

A pesar de la aparente distancia entre la Química y el Derecho, después de una revisión minuciosa del *Boletín Oficial del Estado*, extrajimos una muestra de variados instrumentos normativos relativos a elementos químicos. El lenguaje de la Química, contenido en la tabla periódica, no es ajeno al Derecho que regula muchos de sus elementos.

Doctrinalmente, analizamos los elementos químicos como cosas o bienes jurídicos, formando parte del denominado Derecho Civil patrimonial, es decir, aquel que vincula las personas –naturales y jurídicas– con el conjunto de los derechos y obligaciones valorables económicamente.

Desde este punto de vista, la característica de apropiabilidad de los bienes, encuentra limitaciones que, en el caso de los elementos químicos, los hacen bienes de tráfico restringido o sometidos a medidas de policía por parte de la Administración. A partir de allí, y de la revisión de cada uno de los ejemplos seleccionados, conocemos que los elementos químicos se encuentran principalmente regulados por el Derecho Administrativo.

<sup>40</sup> Cfr. PALME, H. et. al.: «Solar System Abundances of the Elements». En: *Treatise on Geochemistry*. T. II. 2.ª, Elsevier. Ámsterdam, 2014, pp. 15-36.

<sup>41</sup> Cfr. Unión de Industrias del Plomo (UNIPLON): «Aplicaciones del plomo», <http://www.uniplom.es/principal.htm>.

Del manejo de la información obtenida a través de la investigación digital, determinamos la mayor o menor frecuencia de los elementos en la normativa bajo estudio, determinando los elementos más regulados y, por ende, los más importantes para el Derecho. A saber, en primer lugar el hierro; en segundo lugar el plomo y, en tercer lugar, el carbono.

En el marco del sesquicentenario de la organización de los elementos en la tabla periódica (1869) por el químico ruso Dimitri MENDELÉIEV, al igual que iniciativas en otras campos o especialidades químicas, ofrecimos nuestra propia versión de la misma, en función de la referida relevancia de los elementos para el Derecho.

Aunque el presente trabajo intenta vincular el Derecho con la Química, no está de más resaltar la amplitud de ambas disciplinas. En este sentido, debe advertirse que nos hemos circunscrito a los elementos organizados en la Tabla de MENDELÉIEV y hemos rehuido –en la medida de lo posible– a los compuestos químicos, en los que se incluyen, por ejemplo, los hidrocarburos y las sustancias psicotrópicas y estupefacientes, tan significativas para el Derecho Económico o el Derecho Penal, respectivamente. Ello, obviamente, podría ser objeto de futuros estudios en la misma línea de investigación.

\* \* \*

**Resumen:** El autor, ponderando que en el 2019 se cumplieron 150 años de la formulación de la tabla periódica de los elementos, aprovecha para reflexionar sobre la Química y el Derecho. En tal sentido, emplea las herramientas tecnológicas para escudriñar en el *BOE* sobre los diversos instrumentos jurídicos que aluden expresamente a los elementos, para así demostrar su relevancia para el Derecho. Finaliza con una representación gráfica a título de reconocimiento de la tabla original aunque en este caso exprese la frecuencia de la regulación de los elementos para el Derecho español y comunitario. **Palabras clave:** Química, tabla periódica, elementos. Recibido: 14-01-21. Aprobado: 13-05-21.