

ArtyHum, 83, 2022, pp. 122-171.

## INVESTIGACIÓN

### EL PENSAMIENTO ABDUCTIVO Y EL USO DE ICONOGRAFÍAS ARTÍSTICAS Y DE DISEÑO EN LAS CIENCIAS (PARTE II).

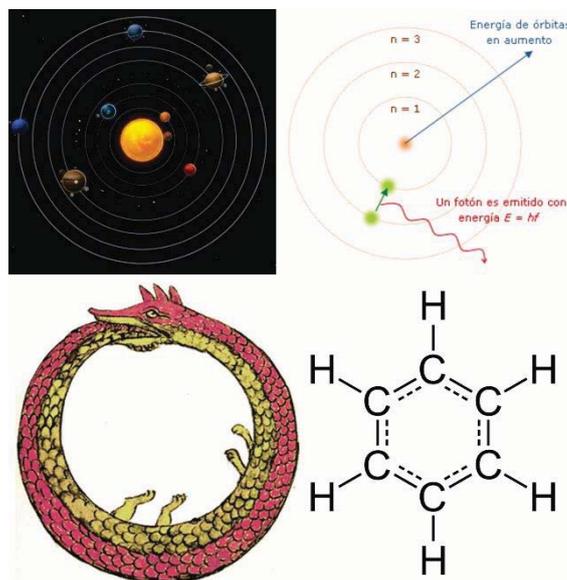
**El método de pensamiento abductivo y sus relaciones con las analogías  
en la investigación en ciencias y la influencia de las ilustraciones artísticas  
y de diseño en los modelos científicos, teóricos y abstractos.**

*Por Ibar Federico Anderson.*

*Universidad Nacional de La Plata.*

Fecha de recepción: 13/07/2021.

Fecha de aceptación: 01/02/2022.



**Resumen.**

*Este trabajo conforma la continuación del trabajo publicado en la revista ArtyHum N° 81 bajo el título «El pensamiento abductivo y el uso de iconografías artísticas y de diseño en ciencias. Los métodos del pensamiento científico -inductivo, hipotético-deductivo y abductivo- y sus relaciones con las analogías en la investigación». Forma parte de mis investigaciones dentro del proyecto de investigación acreditado en la Secretaría de Ciencia y Técnica (SCyT) de la Facultad de Bellas Artes (FBA), Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Proyecto Código B374-SCyT-FBA-UNLP, cuyo título es: «Gestión integrada de Diseño e Innovación. Contribuciones para una revisión teórico-conceptual y metodológica» está a cargo del Director: Mg. Diseñador Industrial Federico del Giorgio Solfa. El artículo plantea una continuación del análisis del método de pensamiento científico abductivo (o método analógico); para terminar relacionándolo con el método de la investigación en diseño y las forma más modernas del Design Thinking (el pensamiento analógico).*

*Aquí se plantea un breve recorrido histórico y particularizado sobre los casos históricos en que las abducciones y metáforas del Arte han iluminado la Ciencia y el conocimiento; como lo fue en los casos de: (a) Dimitri Mendeléiev (1834-1907) y la tabla periódica de los elementos junto a las relaciones químicas de John Alexander Reina Newlands (1837-1898) con las octavas musicales, (b) Niels Bohr (1885-1962) y su modelo atómico en analogía con el sistema solar en Física, (c) Friedrich August Kekulé von Stradonitz (1829-1896) y el Benceno en Química con el Ouroboros, (d) Otto Loewi (1873-1961) y los neurotransmisores en Biología y Medicina, (e) Frederick Grant Banting (1891-1941) y la insulina en Medicina, (f) Jean-Louis-Rodolphe Agassiz (1807-1873) y el pez fosilizado en Paleontología, (g) Elías Howe (1819-1867) y la máquina de coser (un ejemplo clásico de problema que requería una solución de Diseño Industrial), (h) Oleg Antonov (1906-1984) y el avión Antei en Ingeniería Aeronáutica, (i) Srinivāsa Aiyangār*

*Rāmānujan (1887-1920) y las Matemáticas, (j) René Descartes (1596-1650) y el Método Científico (cartesiano) en Filosofía Positiva, (k) Albert Einstein (1879-1955) y su teoría de la relatividad en Física. Retomaremos las conclusiones con planteos abordados en la primera parte del artículo en la revista ArtyHum N° 81. De modo tal que podamos equiparar históricamente a la Ciencia Social del Arte a niveles de las Ciencias Naturales y Exactas poseen, dado que sin el componente iconográfico y simbólico de la escritura, dichas Ciencias no existirían como tales con su componente abstracto (un producto del complejo proceso de la Cultura Humana).*

**Palabras clave:** *Abducción, Design Thinking, Inducción, Hipotético-Deductivo, Métodos, Pensamiento Científico.*



**Abstract.**

*This work is the continuation of the work published in the magazine ArtyHum N° 81 under the title «Abductive thinking and the use of artistic and design iconographies in science. The methods of scientific thought -inductive, hypothetical-deductive and abductive- and their relations with analogies in research». It is part of my research within the research project accredited in the Secretariat of Science and Technology (SCyT) of the Faculty of Fine Arts (FBA), National University of La Plata (UNLP). Project Code B374-SCyT-FBA-UNLP, whose title is: «Integrated Management of Design and Innovation. Contributions for a theoretical-conceptual and methodological review »is in charge of the Director: Mg. Industrial Designer Federico del Giorgio Solfa. The article presents a continuation of the analysis of the abductive scientific method of thought (or analogical method); to finish by relating it to the method of research in design and the most modern forms of Design Thinking (analogical thinking).*

*Here a brief historical and particularized journey is proposed on the historical cases in which the abductions and metaphors of Art have illuminated Science and knowledge; as it was in the cases of: (a) Dimitri Mendeleev (1834-1907) and the periodic table of the elements together with the chemical relations of John Alexander Reina Newlands (1837-1898) with the musical octaves, (b) Niels Bohr (1885-1962) and his atomic model in analogy with the solar system in Physics, (c) Friedrich August Kekulé von Stradonitz (1829-1896) and Benzene in Chemistry with the Ouroboros, (d) Otto Loewi (1873-1961) and neurotransmitters in Biology and Medicine, (e) Frederick Grant Banting (1891-1941) and insulin in Medicine, (f) Jean-Louis-Rodolphe Agassiz (1807-1873) and the fossilized fish in Paleontology, (g) Elías Howe (1819-1867) and the sewing machine (a classic example of a problem requiring an Industrial Design solution), (h) Oleg Antonov (1906-1984) and the Antei aircraft in Aeronautical Engineering, (i) Srinivāsa Aiyangār Rāmānujan*

*(1887-1920) and Mathematics, (j) René Descartes (1596-1650) and the Scientific (Cartesian) Method in Positive Philosophy, (k) Albert Einstein (1879-1955) and his theory of relativity in Physics. We will return to the conclusions with proposals addressed in the first part of the article in the journal ArtyHum N° 81. In such a way that we can historically equate the Social Science of Art at the levels of the Natural and Exact Sciences they possess, given that without the iconographic and symbolic component of writing, these Sciences would not exist as such with their abstract component (a product of the complex process of Human Culture).*

**Keywords:** *Abduction, Design Thinking, Induction, Hypothetical-Deductive, Methods, Scientific Thought.*



## Introducción.

En el artículo publicado en la revista *ArtyHum* N° 69, bajo el título: *Alicia a través de las puertas, los espejos y las ventanas* (2020), se había realizado un análisis de los tres (3) tipos de razonamientos: (a) el deductivo, (b) el inductivo y el (c) abductivo<sup>141</sup>. Estudio que fue continuado en el artículo publicado en la revista *ArtyHum* N° 81, con el título: *El pensamiento abductivo y el uso de iconografías artísticas y de diseño en las ciencias (Parte 1). Los métodos del pensamiento científico -inductivo, hipotético-deductivo y abductivo- y sus relaciones con las analogías en la investigación en ciencia* (2021).

En este último trabajo se realizaba un breve recorrido histórico y particularizado –también de ejemplos– sobre algunos casos históricos en que las abducciones, analogías y metáforas han iluminado la ciencia y el conocimiento. Como lo fue la alegoría de la Caverna al principio del VII libro *República* (380 a.C.), realizada por el

filósofo griego *Platón* (427-347 a.C.) y *El origen de las especies por medio de la selección natural* (1859) de *Charles Darwin* (1809-1882), en biología.

También se estudian otras analogías como la cadena de montaje de *Henry Ford* (1862-1947) en la segunda fase de la Revolución Industrial y sus implicancias con el matadero Swift & Company's y el faenado de carne en Cincinnati (Ohio, EE.UU.). En ningún momento se descuida que el «pensamiento abductivo» (base para el «pensamiento de diseño») está fuertemente relacionado al uso de analogías, metáforas e iconografías artísticas y de diseño, que consolidan los modelos teóricos explicativos en ciencias. Finalmente retomaremos el cuadro de las conclusiones, donde arribamos a las ideas sobre el método, el criterio de verdad, el criterio de demarcación y sus relaciones con la metafísica –esenciales a la hora de entender cómo se procede metodológicamente– en: (1) el neopositivismo de *Rudolf Carnap* (1891-1970) y el Círculo de Viena, (2) el racionalismo crítico de *Karl Popper* (1902-1994) y (3) los otros métodos que agrupan a *Imre Lakatos* (1922-

<sup>141</sup> Anderson (2020): "Alicia a Través de las Puertas, los Espejos y las Ventanas", *ArtyHum Revista Digital en Artes y Humanidades*, N° 69. Vigo, pp. 8-41. Disponible en línea: <https://www.artylum.com/revista/69/#p=8> [Fecha de consulta: 12/12/2020].

1974), *Charles Sanders Peirce* (1839-1914) y *Juan Samaja* (1941-2007). Este último autor toma las enseñanzas del epistemólogo Charles Peirce y la abducción como método creativo para formular hipótesis en ciencias, que son la base de este artículo.

Aquí se plantea un breve recorrido histórico y particularizado sobre los casos históricos en que las abducciones y metáforas del Arte han iluminado la Ciencia y el conocimiento; como lo fue en los casos de: (a) *Dimitri Mendeléiev* (1834-1907) y la tabla periódica de los elementos, (b) *Niels Bohr* (1885-1962) y su modelo atómico en analogía con el sistema solar en Física, (c) *Friedrich August Kekulé von Stradonitz* (1829-1896) y el Benceno en Química, (d) *Otto Loewi* (1873-1961) y los neurotransmisores en Biología y Medicina, (e) *Frederick Grant Banting* (1891-1941) y la insulina en Medicina, (f) *Jean-Louis-Rodolphe Agassiz* (1807-1873) y el pez fosilizado en Paleontología, (g) *Elías Howe* (1819-1867) y la máquina de coser (un ejemplo clásico de problema que requería una solución de Diseño Industrial), (h) *Oleg Antonov* (1906-

1984) y el avión Antei en Ingeniería Aeronáutica, (i) *Srinivāsa Aiyangār Rāmānujan* (1887-1920) y las Matemáticas, (j) *René Descartes* (1596-1650) y el Método Científico (cartesiano) en Filosofía Positiva, (k) *Albert Einstein* (1879-1955) y su teoría de la relatividad en Física. Retomaremos las conclusiones con planteos abordados en la primera parte del artículo en la revista *ArtyHum* N° 81 y sentaremos las bases para la continuidad de este artículo en una tercera parte.

### Desarrollo.

#### (a) Dimitri Mendeléiev y la tabla periódica de los elementos.

La Tabla presenta la simbología alquímica utilizada tanto para nombrar sustancias conocidas como para nombrar los procedimientos alquímicos utilizados. Los metales originalmente fueron designados por los nombres y símbolos de los planetas.



☉ ouro [Sol]	⚔ enxofre	⚗ sal amoníaco
☽ prata [Lua]	⊖ sal	☁ sublimação
♀ cobre [Venus]	▽ água	☿ mercúrio sublimado
♂ ferro [Marte]	△ fogo	♁ realgar (sulfureto de arsénio)
☿ mercúrio	∇ água forte	⊕ sais de sulfatos
♄ chumbo [Saturno]	▽ terra	⊞ retorta
♃ estanho [Júpiter]	△ ar	□ sal comum

Tabela 1: Símbolos alquímicos (cf. Holmyard, 1990, p. 153)

*La tabla periódica fue, literalmente, el sueño de la vida de Dimitri Mendeléiev.*

*La idea de la «Tabla Periódica» suele ser atribuida al químico ruso Dimitri Mendeléiev.*

*Pero existen otros antecedentes previos en la alquimia. En sus orígenes, los símbolos de la alquimia originalmente fueron designados por los nombres y símbolos de los planetas.*

*Fuente: HOLMYARD, E.J.: «Maslama al-Majriti and the Rutbatu'l-Hakim», Isis 6 (3). S/I, S/E, 1924, pp.293-305.*

En la historia de la ciencia, la alquimia<sup>142</sup> es una antigua práctica protocientífica y una disciplina filosófica –hoy en día es considerada pseudocientífica– que combina elementos de la química, la metalurgia, la física, la medicina, la astrología, la semiótica, el misticismo,

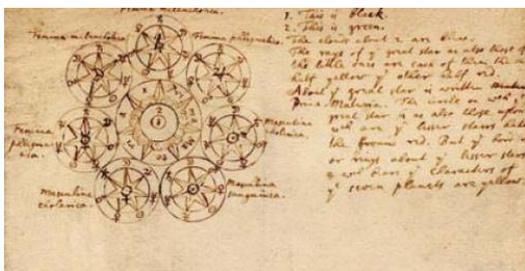
<sup>142</sup> La alquimia occidental ha estado siempre estrechamente relacionada con el hermetismo, un sistema filosófico y espiritual que tiene sus raíces en **Hermes Trismegisto**, una deidad sincrética grecoegipcia y legendario alquimista. Estas dos disciplinas influyeron en el nacimiento del *rosacrucismo*, un importante movimiento esotérico del siglo XVII. En el transcurso de los comienzos de la época moderna, la alquimia dominante evolucionó en la actual química. Actualmente es de interés para los historiadores de la ciencia y la filosofía, así como por sus aspectos místicos, esotéricos y artísticos.

el espiritualismo y el arte. Practicada en diversas regiones del mundo (Mesopotamia, el Antiguo Egipto, Persia, la India y China, en la Antigua Grecia y el Imperio romano, en el Imperio islámico y después en Europa hasta el siglo XVIII), en una compleja red de escuelas y sistemas filosóficos que abarca al menos 2500 años.

La alquimia fue una de las principales precursoras de las ciencias modernas, y muchas de las sustancias, herramientas y procesos de la antigua alquimia han servido como pilares fundamentales de las modernas industrias químicas y metalúrgicas.

Los símbolos de la alquimia solían fundarse en la transformación de fórmulas matemáticas en signos geométricos llamados símbolos de alquimista. Estos, según cada cultura, podrían variar desde simples figuras geométricas, resultantes de la aplicación de fórmulas matemáticas, hasta complejas imágenes metafóricas, en las cuales cada elemento solía tener un significado propio. También podían ser símbolos interpretados a criterio del autor. Así, **Isaac Newton** (1642-1727) usaba en sus fórmulas alquímicas símbolos que provenían de una fusión

de diversos lenguajes simbólicos utilizados en culturas precedentes. Todo el mundo conoce a Newton como el gran científico y pocos recuerdan que pasó la mitad de su vida confundiendo con la alquimia, buscando la piedra filosofal (una sustancia alquímica legendaria capaz de convertir metales básicos como el mercurio en oro).



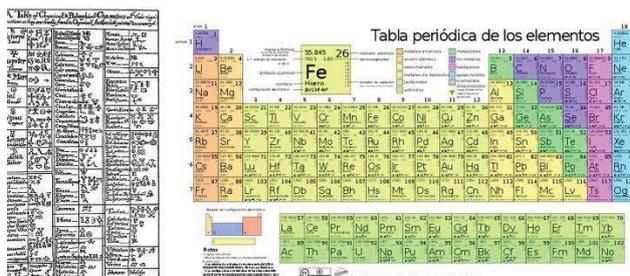
*Parfraseando a John Maynard Keynes, Isaac Newton fue el último de los magos, el último babilonio y sumerio. La Royal Society planeó un evento para celebrar el tricentenario del nacimiento de Isaac Newton en 1942.*

*Keynes había sido invitado a dar una conferenciar: «Newton, the Man» que fue leida por su hermano Geoffrey Keynes (debido a la muerte de John Maynard en abril de 1946).*

*El New York Times publicó un trabajo titulado Moonlighting as a Conjuror of Chemicals inspirado en el trabajo del profesor de historia y filosofía William Newman y sus indagaciones en la Opus Hermética newtoniana.*

La alquimia se basa en sus tres principios: el mercurio o principio de fluidez, la sal con sus propiedades terreas y el azufre con sus propiedades favorecedora de la combustión.

Su valor simbólico, como pensamiento analógico y repleto de metáforas religiosas, místicas y espiritualísticas ligadas al campo del arte son muy profundas en un sentido cultural y alegórico. Sus enseñanzas nos han dejado como enseñanza y aprendizaje para la historia de la humanidad: como Padre, su metáfora más rica, un hijo científico: La Moderna Química tal cual se enseña en las Escuelas y Universidades.



*A la izquierda, tabla alquímica medieval del alquimista Basil Valentine (circa 1670).*

*A la derecha iconografía de la moderna Tabla Periódica de los Elementos con la cual todos los alumnos del mundo aprenden hoy en día la Ciencia Química que se enseña en las Escuelas y Universidades. La tabla periódica de los elementos es una disposición de los elementos químicos en forma de tabla, ordenados por su número atómico (número de protones),*

*por su configuración de electrones y sus propiedades químicas. Este ordenamiento muestra tendencias periódicas, como elementos con comportamiento similar en la misma columna. Las filas de la tabla se denominan períodos y las columnas grupos. La tabla también se divide en cuatro bloques con algunas propiedades químicas similares. Se puede utilizar la tabla para obtener relaciones entre las propiedades de los elementos, o pronosticar propiedades de elementos nuevos todavía no descubiertos o sintetizados. La tabla periódica proporciona un marco útil para analizar el comportamiento químico y es ampliamente utilizada en química y otras ciencias.*

Dimitri Mendeléiev publicó en 1869 la primera versión de tabla periódica que fue ampliamente reconocida, la desarrolló para ilustrar tendencias periódicas en las propiedades de los elementos entonces conocidos, al ordenar los elementos basándose en sus propiedades químicas. La tabla periódica de Mendeléiev ha sido desde entonces ampliada y mejorada con el descubrimiento o síntesis de elementos nuevos y el desarrollo de modelos teóricos nuevos para explicar el comportamiento químico. La estructura actual fue diseñada por **Alfred Werner** (1866-1919) a partir de la versión de Mendeléiev.

Existen además otros arreglos periódicos de acuerdo a diferentes propiedades y según el uso que se le quiera dar (en didáctica, geología, etcétera).

Pero la historia no es tan simple, para arribar a la tabla, la historia cuenta que en el s. VII antes de **Cristo**, **Tales de Mileto** (624 a.C.-546 a.C.) afirmaba que todo estaba hecho de agua en distintos estados físicos. Luego, cerca del año 450 a.C., **Empédocles** (s. V a.C.) propuso que toda la materia se formaba de cuatro elementos: agua, tierra, fuego y aire, teoría que suscribió **Aristóteles** (384 a.C.-322 a.C.). Un quinto elemento era citado por Aristóteles como el que explicaba de qué estaban hechas las estrellas (la quintaesencia o éter). Alquimistas como **Theophrastus Phillippus Aureolus Bombastus von Hohenheim**, también conocido como **Paracelso** (1493-1541) y otros descubrieron elementos como el mercurio, el azufre, el bismuto, el antimonio, el zinc y otros, aunque consideraban que sustancias como los ácidos fuertes o la sal común eran elementos químicos y no compuestos, como hoy sabemos.



Aunque algunos elementos como el oro (Au), plata (Ag), cobre (Cu), plomo (Pb) y mercurio (Hg) ya eran conocidos desde la antigüedad, el primer descubrimiento científico de un elemento ocurrió en el s. XVII d.C., cuando el alquimista **Henning Brand** (1630-1710) descubrió el fósforo (P). En el s. XVIII d.C. se conocieron numerosos nuevos elementos, los más importantes de los cuales fueron: oxígeno (O), hidrógeno (H) y nitrógeno (N).

Hacia 1661 **Robert Boyle** (1627-1691) publicó *The Skeptical Chymist*, en donde establece las primeras ideas de átomos, moléculas y reacciones químicas, describiendo a los elementos como sustancias indivisibles; a partir de su propuesta se desechan algunas ideas alquimistas y se empiezan a descubrir nuevos elementos químicos. Luego de la primera mitad del siglo XVIII, **Joseph Black** (1728-1799) aisló dióxido de carbono (aire fijo), mientras **Henry Cavendish** (1731-1810) descubría el hidrógeno y demostraba que es combustible y explota con el aire; posteriormente, **Carl Wilhelm Scheele** (1742-1786) **Joseph Priestley**

(1733-1804), de forma independiente, aislaron el oxígeno.

En 1789/90 **Antoine-Laurent de Lavoisier** (1743-1794) publicó una lista de 33 elementos químicos, agrupándolos en gases, metales, no metales y tierras. Aunque muy práctica y todavía funcional en la tabla periódica moderna, fue rechazada debido a que había muchas diferencias tanto en las propiedades físicas como en las químicas.

Los químicos pasaron el siglo siguiente buscando un esquema de clasificación más preciso. Uno de los primeros intentos para agrupar los elementos de propiedades análogas y relacionarlos con los pesos atómicos se debe al químico alemán **Johann Wolfgang** (1780-1849) quien en 1817 puso de manifiesto el notable parecido que existía entre las propiedades de ciertos grupos de tres elementos, con una variación gradual del primero al último. Posteriormente (1827) señaló la existencia de otros grupos en los que se daba la misma relación.

Johan Wolfgang realizó uno de los primeros intentos para agrupar los elementos de propiedades análogas y relacionarlos de acuerdo con sus pesos

atómicos, fue en 1817 cuando Wolfgang manifestó el notable parecido que existe entre propiedades de ciertos grupos de tres elementos, con una variación gradual del primero al último. Más tarde, en el año 1827 señaló la existencia de otros grupos en los que se observaba la misma relación como el cloro, bromo y yodo. En el siglo XIX, la comunidad científica comenzó a clasificar los elementos conocidos de acuerdo con la similitud de sus propiedades físicas y químicas.

En 1828 **Jöns Jacob Berzelius** (1779-1848) ordena los elementos por sus pesos atómicos y usa cartas para simbolizar los elementos.

En 1829 se organizó un sistema de clasificación de elementos a cargo del químico **Johann Wolfgang Döbereiner** (1780-1849), en el cual se agrupaban los elementos en conjuntos de tres y se denominaban triadas, las cuales mostraban propiedades físicas y químicas similares.

En 1830 ya se conocían 55 elementos. Más tarde, en 1843, **Leopold Gmelin** (1788-1853) trabajó con este sistema e identificó así, 10 triadas, tres grupos de cuatro y un grupo de cinco.

**Jean-Baptiste Dumas** (1800-1884) publicó un trabajo en 1857 en el cual describe las relaciones que existen entre los diversos grupos de metales. Aunque los diversos químicos fueron capaces de identificar las relaciones entre pequeños grupos de elementos, aún tenían que construir un esquema que los abarcara a todos.

Años después, en 1860 la comunidad científica ya había descubierto más de 60 elementos químicos diferentes y habían determinado su masa atómica.

En 1857 el químico alemán **Friedrich August Kekulé von Stradonitz** (1829-1896) observó que el carbono está a menudo unido a otros cuatro átomos. El metano, por ejemplo, tiene un átomo de carbono y cuatro átomos de hidrógeno. Este concepto eventualmente se conocería como «*valencia*».

En 1862 de **Alexandre-Émile Béguyer de Chancourtois** (1820-1886), geólogo francés, publicó una primera forma de tabla periódica que llamó la «*hélice telurica*» o «*tornillo*». Fue la primera persona en notar la periodicidad de los elementos.

Al disponerlos en espiral sobre un cilindro por orden creciente de peso atómico, de Chancourtois mostró que los elementos con propiedades similares parecían ocurrir a intervalos regulares. Con ayuda de **John Alexander Reina Newlands** (1837-1898), en 1864, anuncian la ley de las octavas, en las cuales hablan de las propiedades que se repiten cada ocho elementos, disponiendo los elementos en orden de pesos atómicos. Sin embargo, esta ley no aplica para elementos más allá del calcio. Aunque esta clasificación es insuficiente, marca una diferencia, ya que la tabla periódica comienza a ser diseñada. Su tabla incluye además algunos iones y compuestos.

También utiliza términos geológicos en lugar de químicos y no incluye un diagrama; como resultado, recibió poca atención hasta el trabajo de **Dimitri Mendeléiev** (1834-1907).

Primeramente, quien se encargó de agrupar por categorías y diversidad de los elementos fue **John Alexander Reina Newlands** (1837-1898), quien organizó los 56 elementos conocidos existentes en 11 grupos separados según su estructura atómica.

La propuesta de Newlands, ordenando los elementos de forma tal que cada ocho elementos se repetían algunas propiedades físicas, no fue ampliamente aceptada porque se consideraba que era demasiado aleatoria. Igualmente Newlands, preparó en 1864 una tabla periódica de elementos establecida según sus masas atómicas, y que señaló la ley de las octavas, la cual según cada ocho elementos tienen propiedades similares. A esto lo ayudó su bagaje musical (analogía musical) y fue ridiculizado en ese tiempo, pero cinco años después el químico Dimitri Mendeléiev publicó (independientemente del trabajo de Newland) una forma más desarrollada de la tabla, también basada en las masas atómicas, que es la base de la usada actualmente (establecida por orden creciente de números atómicos).

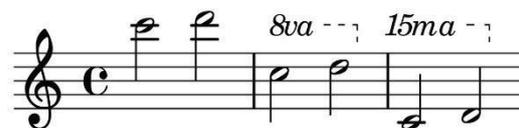
Con 62 elementos conocidos, **John Newlandsen** 1864, fue el primero en usar la palabra *periodicidad* y asignar un número atómico a cada elemento. Parafraseando a Newlandsen, cualquier serie de ocho elementos que siguen a un elemento en particular, es una especie de repetición de la anterior, un poco como las ocho notas de una



octava en la música. Así nace la primera tabla periódica.

Evidentemente la idea original de Newlands fue una analogía musical (a la que denominó su *Ley de Octavas*<sup>143</sup>).

Esta Ley Periódica inspiró posteriormente a Dimitri Mendeléiev, contada en persona en su libro *Principios de Química* (1869).



Ley de las octavas de Newlands						
1	2	3	4	5	6	7
Li 6,9	Be 9,0	B 10,8	C 12,0	N 14,0	O 16,0	F 19,0
Na 23,0	Mg 24,3	Al 27,0	Si 28,1	P 31,0	S 32,1	Cl 35,5
K 39,0	Ca 40,0					

La imagen se denomina octava al intervalo de ocho grados entre dos notas de la escala musical. Imagen de abajo, John Alexander Reina Newlands en 1864, anuncian la Ley de las Octavas, en las cuales habla de las propiedades que se repiten cada ocho elementos, disponiendo los elementos en orden de pesos atómicos (pero esta ley no aplica para elementos más allá del calcio). Su inspiración por analogía musical con las octavas musicales.

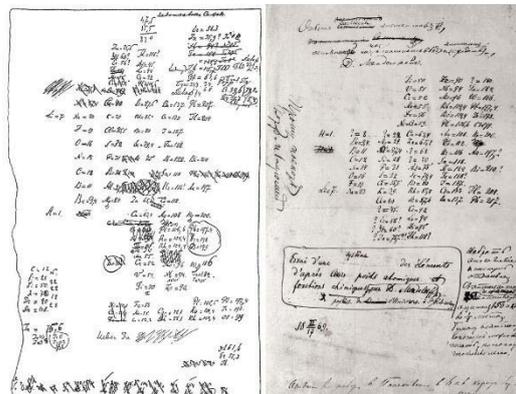
<sup>143</sup> En 1864, clasificó los sesenta y dos elementos conocidos entonces en ocho grupos, con base en sus propiedades físicas. Observó que existían muchas parejas de elementos similares, que diferían en múltiplos de ocho en cuanto a su número másico, y fue él el primero que les asignó un número atómico. Cuando su "ley de octavas", que comparaba esta periodicidad con la escala musical, se publicó en la revista *Chemistry News*, fue objeto de mofa por parte de sus contemporáneos. Su lectura ante la Sociedad de Química, el 1 de Marzo de 1866, no se publicó, y la sociedad defendió su postura arguyendo que ese tema "teórico" podría resultar controvertido. La Sociedad de Química terminó por reconocer la importancia de su análisis cinco años después, con una Medalla de Oro, después de que reconocieron el trabajo de *Dimitri Mendeléiev*. Y sólo hasta el siglo siguiente, con el surgimiento de los conceptos de la teoría de enlace de valencia, de *Gilbert N. Lewis* (1916) y de la teoría del enlace químico, de *Irving Langmuir*, se reconoció la importancia del análisis de Newlands acerca de la periodicidad de ocho. La *Real Sociedad de Química* reconoció la contribución científica de Newlands en el 2008, cuando se colocó una placa azul en la casa en la que nació, donde se le describe como el "descubridor de la ley periódica".

*Julius Lothar Meyer* (1830-1895), ese mismo año, desarrolla otra propuesta organizando 28 elementos químicos según su valencia. En 1864 Julius Lothar Meyer, un químico alemán, publicó una tabla con 44 elementos dispuestos por valencia.

La misma mostró que los elementos con propiedades similares a menudo compartían la misma valencia. Al mismo tiempo, *William Odling* (1829-1921), un químico inglés, publicó un arreglo de 57 elementos ordenados en función de sus pesos atómicos.

Con algunas irregularidades y vacíos, se dio cuenta de lo que parecía ser una periodicidad de pesos atómicos entre los elementos y que esto estaba de acuerdo con las «agrupaciones» que generalmente recibían. Odling alude a la idea de una ley periódica, pero no siguió la misma. En 1870 propuso una clasificación basada en la valencia de los elementos.

La mayoría de la gente piensa que Mendeléiev inventó la tabla periódica moderna, aunque los antecedentes previos, como hemos explicado con anterioridad, demuestran lo contrario. Dimitri Mendeléiev presentó su tabla periódica de los elementos basada en el aumento del peso atómico el 6 de Marzo de 1869, durante una conferencia ante la Sociedad Química Rusa. Mientras que la propuesta de Mendeléiev fue la primera en ganar cierta aceptación en la comunidad científica, no fue la primera.



A la izquierda, representación gráfica de un borrador de la primera Tabla Periódica de Dimitri Mendeléiev. A la derecha imagen de un manuscrito de Dimitri Mendeléiev «Sistema de Elementos Basados en su Peso Atómico», fechado el 17 de Febrero de 1869 (1 de Marzo de 1869).

Mendeléiev usó la propuesta de Newlands de 1868 y organizó los elementos de forma similar a la tabla periódica actual. Él usó la masa atómica como la característica principal para ordenar cada elemento en la tabla. Organizó los elementos en filas y columnas e incluso dejó espacios para colocar los elementos a descubrir de acuerdo con el patrón que observó una vez que comenzó a organizar los elementos que se conocían en ese momento. En 1913, luego de que **Henry Moseley** (1887-1915) desarrolló un método para determinar experimentalmente con precisión el número atómico, 14 elementos de la

Tabla Periódica de Mendeléiev tuvieron que reorganizarse. La última gran reforma a la Tabla Periódica ocurrió en 1944 con la reubicación de 14 elementos en un grupo aparte, denominados los *Actínidos*, con el descubrimiento de 10 elementos transuránicos, sintéticos, por **Glenn Theodore Seaborg** (1912-1999).

Durante el s. XX d.C., la investigación en los procesos radioactivos llevó al descubrimiento en cascada de una serie de elementos pesados (casi siempre sustancias artificiales sintetizadas en laboratorio, con periodos de vida estable muy cortos), hasta alcanzar la cifra de 118 elementos con denominación oficialmente aceptados por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC, por sus siglas en inglés) en noviembre de 2016.

En su estructura actual, la tabla periódica está formada por 118 elementos, ordenados por número atómico creciente en siete periodos y 16 grupos. Los nombres de los elementos químicos han sido aprobados por la IUPAC. Es quizá el símbolo gráfico más conocido y representativo de la Química.

En de Febrero, en 1869, Mendeléiev trabajaba arduamente en su proyecto y se quedó dormido en su escritorio, exhausto, según sus propias palabras: “*En un sueño, vi una tabla en la que todos los elementos encajaban en su lugar. Al despertar, tomé nota de todo en un papel*<sup>144</sup>”. Cita de **Paul Strathern** del mismo Mendeléiev, tenemos la conexión con los sueños del químico ruso.

Incluso se debe ser justo con **Julius Lothar Meyer** (1830-1895)<sup>145</sup>,

<sup>144</sup> STRATHERN, P.: *El sueño de Mendeléiev. De la alquimia a la química*. Barcelona, Siglo XXI Editores, 2000, s/p.

<sup>145</sup> En un artículo publicado en 1870 presentó su descubrimiento de la ley periódica que afirma que las propiedades de los elementos son funciones periódicas de su masa atómica. En su obra *Teorías modernas de la química y su significado para la estática química*, compilada según la reforma de los pesos atómicos de Cannizzaro, estableció una tabla de los elementos dispuestos según el peso atómico creciente, semejante a la de D. I. Mendeléiev, e hizo notar que los elementos que poseen propiedades químicas similares vienen a caer en las mismas columnas verticales. Esta periodicidad de las propiedades de los elementos en función de su peso atómico fue más tarde desarrollada y completada. Publicado en Breslau en 1864, este texto constituye una importante puntualización de las maneras de ver de la época, que son expuestas y consideradas desde un mismo punto de vista crítico. Cuatro años antes, en 1860, en el *Congreso de Karlsruhe*, Cannizzaro había reivindicado la hipótesis de Avogadro, que había quedado ignorada u olvidada desde 1811. Meyer figuró entre los pocos que comprendieron la exactitud de aquellas ideas, y se convirtió en su vigoroso propugnador. En el libro expone la hipótesis de Avogadro y la discute ampliamente, poniéndola en la base de las demás leyes de la química. Defensor del empleo de los pesos atómicos contra el de los equivalentes, después de haber mostrado con toda su importancia las opiniones

contemporáneo de Dimitri Mendeléiev. El descubrimiento del helio causó a Mendeléiev una gran contrariedad, ya que este nuevo elemento no tenía un lugar adecuado para colocarse en la Tabla, pero en el fondo fue una brillante confirmación de la ley periódica ya que el helio, junto con los demás gases nobles descubiertos más tarde, constituyeron el grupo 0.

Éstas eran anomalías en la tabla, así que, debido a la universalidad de la ley, él predijo la existencia de los elementos con las características indicadas por el espacio que ocupan en la tabla. Empleó la palabra sánscrita *eka*, *dvi* y *tri*; que significan respectivamente *uno*, *dos* y *tres*. En 1875 el francés **Paul Émile Lecoq de Boisbaudran** (1838-1912) encontró al eka-aluminio y lo llamó galio; y en 1879 fue descubierto el eka-Boro.

---

de Gerhard sobre los compuestos orgánicos, Meyer expone su idea acerca de las relaciones numéricas entre estos pesos atómicos, y pone de relieve los contactos entre estas relaciones en algunas series de elementos que tienen analogía de comportamiento químico, y las existentes entre los pesos moleculares de algunas series orgánicas. La última parte de la obra puede considerarse como un precedente de la clasificación periódica que, independientemente de Mendeléiev, aunque de modo más imperfecto, fue enunciada por el propio Meyer en 1869.

En 1871, Mendeléiev publicó su tabla periódica en una nueva forma, con grupos de elementos similares dispuestos en columnas en lugar de filas, numeradas I a VIII en correlación con el estado de oxidación del elemento. También hizo predicciones detalladas de las propiedades de los elementos que ya había señalado que faltaban, pero deberían existir. Estas lagunas se llenaron posteriormente cuando los químicos descubrieron elementos naturales adicionales.

La tabla de Mendeléiev que tenía espacios vacíos para los elementos que, según el pronóstico del químico, serían descubiertos en el futuro. La mayoría de sus predicciones resultaron correctas. Los elementos en la lista de Mendeléiev eran 60.

En su nueva tabla consigna el criterio de ordenación de las columnas se basan en los hidruros y óxidos que puede formar esos elementos y por tanto, implícitamente, las valencias de esos elementos. Aún seguía dando resultados contradictorios (Plata y Oro aparecen duplicados, y no hay separación entre Berilio y Magnesio con Boro y Aluminio), pero significó un gran avance.



Esta tabla fue completada con un grupo más, constituido por los gases nobles descubiertos en vida de Mendeléiev, pero que, por sus características, no tenían cabida en la tabla, por lo que hubo de esperar casi treinta años, hasta 1904, con el grupo o valencia cero, quedando la tabla más completa.

A menudo se afirma que el último elemento natural en ser descubierto fue el francio—designado por Mendeléiev como eka-cesio— en 1939. Sin embargo, el plutonio, producido sintéticamente en 1940, fue identificado en cantidades ínfimas como un elemento primordial de origen natural en 1971.

La disposición de la tabla periódica estándar es atribuible a **Horace Groves Deming**, un químico americano que en 1923 publicó una tabla periódica de 18 columnas. En 1928 *Merck and Company* preparó un folleto con esta tabla, que fue ampliamente difundida en las escuelas estadounidenses. Por la década de 1930 estaba apareciendo en manuales y enciclopedias de química. También se distribuyó durante muchos años por la empresa *Sargent-Welch Scientific Company*.

El sistema periódico es la clasificación de todos los elementos químicos, naturales o creados artificialmente. A medida que se perfeccionaron los métodos de búsqueda, el número de elementos químicos conocidos fue creciendo sin cesar y surgió la necesidad de ordenarlos de alguna manera. Se realizaron varios intentos, pero el intento decisivo lo realizó Mendeléiev, que creó lo que hoy se denomina *sistema periódico*.

Mendeléiev ordenó los elementos según su masa atómica, situando en una misma columna los que tuvieran algo en común. Al ordenarlos, se dejó llevar por dos grandes intuiciones; alteró el orden de masas cuando era necesario para ordenarlos según sus propiedades y se atrevió a dejar huecos, postulando la existencia de elementos desconocidos hasta ese momento.

Dimitri Mendeléiev publicó su tabla periódica con todos los elementos conocidos y predijo varios de los nuevos elementos para completar la tabla. Solo unos meses después, Meyer publicó una tabla prácticamente idéntica.

Algunos consideran a Meyer y Dimitri Mendeléiev los cocreadores de la tabla periódica. Este último logró predecir con precisión las cualidades de lo que llamó *eka-silicio*, *eka-aluminio* y *eka-boro* (germanio, galio y escandio, respectivamente).

Con todo, su principal logro investigador fue el establecimiento del llamado sistema periódico de los elementos químicos, o tabla periódica, gracias al cual culminó una clasificación definitiva de los citados elementos (1869) y abrió el paso a los grandes avances experimentados por la química en el siglo XX.

Aunque su sistema de clasificación no era el primero que se basaba en propiedades de los elementos químicos, como su valencia, sí incorporaba notables mejoras, como la combinación de los pesos atómicos y las semejanzas entre elementos, o el hecho de reservar espacios en blanco correspondientes a elementos aún no descubiertos como el *eka-aluminio* o galio (descubierto en 1875), el *eka-boro* o escandio (descubierto en 1879) y el *eka-silicio* o germanio (descubierto en 1886).

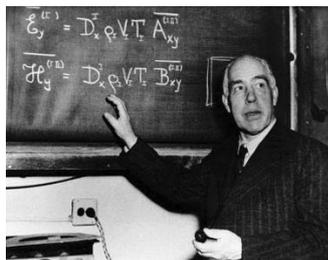
Actualmente se emplea la tabla elaborada por Werner y Paneth, pero la elaborada por Mendeléiev es muy similar a la empleada hoy en día con el nombre de forma corta.

Dimitri no ganó el premio Nobel, pero el elemento número 101, se nombró en su honor «*mendelevium*».

#### **(b) Niels Bohr y su modelo atómico en analogía con el sistema solar en Física.**

*Niels Bohr* (1885-1962) fue un científico que, obsesionado con su trabajo, tanto era así que a menudo soñaba que seguía en su laboratorio trabajando. En uno de ellos soñó con la estructura del átomo; vio como los electrones podían tener órbitas estables alrededor del núcleo; simulando la forma y estructura del sistema solar. Este descubrimiento del científico danés dio nombre al modelo atómico que actualmente se conoce como modelo atómico de Bohr.





*Los sueños de Niels Bohr estaban dedicados con frecuencia a su trabajo.*

*En uno de ellos soñó con la estructura del átomo: Bohr vio los electrones y el núcleo en forma de sistema solar.*

*Fotografía de la izquierda de Niels Bohr.*

*Imagen de la derecha, simplificación gráfica (abstracción físico-química) del modelo atómico de Bohr.*

Basándose en las teorías de **Ernest Rutherford** (1871-1937) publicó su propio modelo atómico (modelo atómico de Bohr) en 1913, introduciendo la teoría de las órbitas cuantificadas<sup>146</sup>, que en la teoría

<sup>146</sup> Un orbital atómico es la región del espacio definido por una determinada solución particular, espacial e independiente del tiempo a la ecuación de **Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger** (1887-1961) para el caso de un electrón sometido a un potencial coulombiano. La elección de tres números cuánticos en la solución general señalan unívocamente a un estado monoeléctrico posible. Estos tres números cuánticos hacen referencia a la energía total del electrón. Un orbital también puede representar la posición independiente del tiempo de un electrón en una molécula, en cuyo caso se denomina orbital molecular. La combinación de todos los orbitales atómicos dan lugar a la corteza electrónica, representada por el modelo de capas, el cual se ajusta a cada elemento químico según la configuración electrónica correspondiente. El orbital es la descripción ondulatoria del tamaño, forma y orientación de una región del espacio disponible para un electrón. La posición (la probabilidad de la amplitud) de encontrar un electrón en un

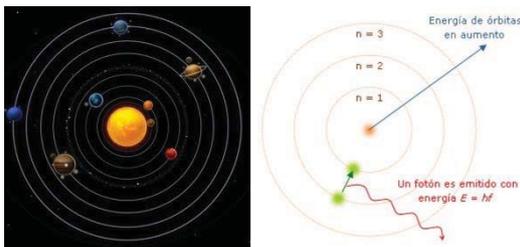
mecánica cuántica consiste en las características que, en torno al núcleo atómico, el número de electrones en cada órbita aumenta desde el interior hacia el exterior. Cada orbital con diferentes valores de «n» presenta una energía específica para el estado del electrón.

En su modelo, además, los electrones podían caer (pasar de una órbita a otra) desde un orbital exterior a otro interior, emitiendo un fotón de energía discreta, hecho sobre el que se sustenta la mecánica cuántica.

En 1922 recibió el Premio Nobel de Física por sus trabajos sobre la estructura atómica y la radiación. Numerosos físicos, basándose en este principio, concluyeron que la luz presentaba una dualidad onda-partícula mostrando propiedades mutuamente excluyentes según el caso.

Lo verdaderamente importante, es la fuerza de la analogía del modelo atómico de Bohr con el sistema solar, pues, la estructura de un átomo es como la del sistema solar. Donde el núcleo es el sol y los electrones son los planetas girando alrededor de su sol.

punto determinado del espacio se define mediante sus coordenadas en el espacio.



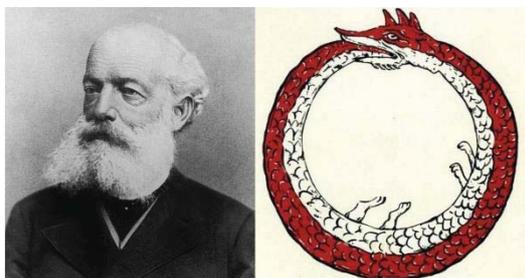
A la izquierda imagen del sistema solar (modelización abstracta y simbólica simplificada). A la derecha imagen del modelo atómico de Bohr (análogo a un sistema solar a escala atómica), es un modelo clásico del átomo, y fue el primer modelo atómico que se ubica entre la mecánica clásica y la cuántica. Fue propuesto en 1913 por el físico danés Niels Bohr (1885-1962) para explicar cómo los electrones pueden tener órbitas estables alrededor del núcleo y por qué los átomos presentaban espectros de emisión característicos (dos problemas que eran ignorados en el modelo previo de Rutherford). Además el modelo de Bohr incorporaba ideas tomadas del efecto fotoeléctrico, explicado por Albert Einstein (1879-1955).

### (c) Friedrich August Kekulé von Stradonitz y el Benceno en química.

El químico orgánico alemán **Friedrich August Kekulé von Stradonitz** (1829-1896). El trabajo más conocido de Kekulé se centró en la estructura del Benceno. Kekulé fue uno de los fundadores de la química orgánica estructural. Nacido en Darmstadt en 1829, estudió en la Universidad de Giessen con Justus von Liebig, el más grande de todos los

químicos orgánicos, luego en Francia y, finalmente, en Inglaterra. Más tarde ocupó la Cátedra de Química en la Universidad de Ghent, y luego, en 1865, se trasladó a Bonn, donde permaneció el resto de su vida. Kekulé era un reconocido profesor pero ahora es principalmente recordado por sus famosos sueños en los que tuvo las dos inspiraciones que cambiaron el rostro de la química.

En 1865, Kekulé publicó un artículo en francés (aún se encontraba viviendo en Bélgica) en el que sugería que la estructura contiene un anillo de átomos de carbono de seis miembros con enlaces simples y dobles alternados. Al año siguiente, publicó un artículo mucho más extenso en alemán sobre el mismo tema. La fórmula empírica para el benceno se conocía desde hace tiempo, sin embargo, su estructura altamente insaturada estaba aún tratándose de determinar.



A la izquierda Kekulé.

A la derecha la famosa iconografía del Ouroboros o serpiente que se come la cola y que forma un círculo con su cuerpo.

Kekulé soñó con largas filas de átomos moviéndose como serpientes y de pronto vio cómo una de aquellas serpientes se mordía su propia cola, el famoso símbolo de la alquimia conocido como Ouroboros. Resolviendo así, en un sueño, el misterio de la estructura del anillo del benceno tan utilizado hoy en día en química.

El nuevo entendimiento sobre el benceno y por extensión, de todos los compuestos aromáticos, resultó ser tan importante tanto para la *Química Pura* como para la *Química Aplicada*, que en 1890 la *Sociedad Química Alemana* organizó una elaborada ceremonia en honor de Kekulé, celebrando el vigesimoquinto aniversario de su primer artículo sobre el benceno. En ella, Kekulé habló sobre la creación de su teoría. Dijo que había descubierto la forma del anillo de benceno después de tener una ensoñación sobre una serpiente que se mordía la cola (esto es

un símbolo habitual en muchas culturas ancestrales, conocido como Ouroboros).



Observamos las iconografías tomadas de los manuales de *Química Orgánica*, son las típicas representaciones visuales de los enlaces (valencias) de los elementos carbono e hidrógeno. Esta visión –comentó, el genio de la química–, le vino después de años de estudio sobre la naturaleza de los enlaces carbono- carbono. Químicamente, el benceno se escribe:  $C_6H_6$ .

Kekulé no podía dilucidar la estructura molecular del benceno. ¿Cómo podía ser que cada átomo de carbono sólo tuviera un átomo de hidrógeno? Se dice que un día soñó con una serpiente que se mordía la cola. Eso le dio la clave.

El discurso de Kekulé de 1890 en el cual aparecían esas anécdotas fue traducido al inglés, si uno toma la anécdota como el recuerdo de un evento real, las circunstancias mencionadas en la historia sugieren que debió ocurrir a principios de 1862.

La otra anécdota que contó en 1890, de una visión de átomos y moléculas danzantes que condujeron a su teoría de la estructura, sucedió (dijo) mientras viajaba en la parte superior de un ómnibus tirado por caballos en Londres. De ser cierto, esto probablemente ocurrió a fines del verano de 1855. Narrado por Alan J. en *Kekulé y la imaginación científica* (2010).

Por lo visto el sueño sucedió dos veces, la primera de ellas mientras estaba en Londres. Kekulé estaba viviendo en una pensión de Clapham y solía pasar muchas tardes con un amigo, otro químico alemán, **Hugo Mueller**. Hablaban de química y, sobre todo, de la estructura de las moléculas, la preocupación especial de Kekulé: ¿cómo estaban dispuestos los átomos dentro de la molécula, y cómo era posible que dos moléculas con la misma composición atómica –conteniendo, supongamos, cinco átomos de carbono y doce de hidrógeno– pudieran ser sustancias diferentes? Tras una de estas plácidas tardes, Kekulé tomó el último transporte de vuelta a su casa. Era una agradable tarde de verano y se sentó en la cubierta superior al aire libre del

vehículo tirado por caballos. Así es como, muchos años más tarde, describió su experiencia:

*“Caí en un sueño, y he aquí que los átomos estaban retozando ante mis ojos. Cada vez que, hasta entonces, estos seres diminutos se me aparecían, estaban siempre en movimiento. Ahora, sin embargo, veía cómo con frecuencia dos átomos más pequeños se unían para formar un par; cómo uno más grande abrazaba a los dos más pequeños; cómo otros, aún mayores, sujetaban a tres o incluso cuatro de los más pequeños, mientras que el conjunto seguía girando en una danza vertiginosa. Veía cómo los más grandes formaban una cadena arrastrando tras ellos a los más pequeños, pero sólo en los extremos de la cadena. Kekulé, despertado por el grito de «¡Clapham Road!» del conductor, volvió a su habitación y pasó el resto de la noche esbozando las fórmulas en las que iba a basarse su teoría de la estructura. Se sabía que el carbono tiene una valencia cuatro; en otras palabras, cada átomo de carbono puede unirse a otros cuatro átomos para formar un compuesto. En el ejemplo sencillo dado aquí, la molécula C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>, pentano, existe en tres formas,*

donde CH<sub>3</sub> y CH<sub>2</sub> representan átomos de carbono unidos a tres y a dos átomos de hidrógeno<sup>147</sup>”.

Mientras estaba en Ghent, Kekulé experimentó una epifanía similar. Esta vez, el objeto de su ensoñación fue la molécula de benceno que tiene la composición C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>. Éste es el arquetipo de los compuestos aromáticos, una clase a la que pertenece una gran proporción de las sustancias sintéticas y naturales más interesantes. He aquí una vez más la reminiscencia de Kekulé:

*“Estaba sentado escribiendo en mi libro de texto pero el trabajo no avanzaba; mis pensamientos estaban en otro lugar. Giré mi sillón hacia el fuego y me quedé dormido. Otra vez, los átomos estaban retozando ante mis ojos. Esta vez, los grupos más pequeños se mantenían modestamente en el fondo. El ojo de mi mente, que se había hecho más agudo por repetidas visiones de este tipo, podía distinguir ahora estructuras mayores de conformación*

*múltiple: largas hileras, a veces muy bien encajadas, se emparejaban y retorcían en un movimiento parecido a una serpiente. Pero ¡mira! ¿Qué era eso? Una de las serpientes se había unido a su propia cola y la forma giraba con sorna ante mis ojos. Como invadido por un destello de iluminación me desperté; y esta vez también pasé el resto de la noche desarrollando las consecuencias de la hipótesis<sup>148</sup>”.*

La hipótesis era, por supuesto, que el benceno era una molécula cíclica, en donde los seis átomos de carbono forman un hexágono, con un hidrógeno unido en cada vértice. **Johann Friedrich Wilhelm Adolf von Baeyer** (1835-1917), el gran químico orgánico, decía que él hubiera cambiado los logros de toda su vida por esta intuición de Kekulé.

#### (d) **Otto Loewi y los neurotransmisores en biología.**

**Otto Loewi** (1873-1961) ganó el Premio Nobel de medicina en 1936 por su trabajo sobre la transmisión química de los impulsos nerviosos. En 1903, Loewi tuvo la idea de que podría haber una transmisión química del impulso

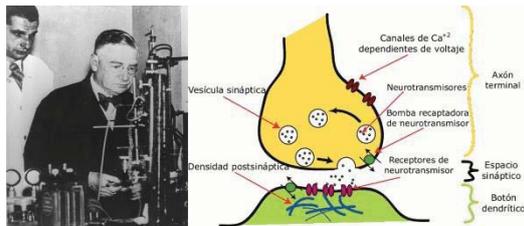
<sup>147</sup> GRATZER, W.: «Capítulo 1: El gran hedor. 3. Los sueños de Kekulé», *Eurekas y euforias. Cómo entender la ciencia a través de sus anécdotas*. S/I, Libros maravillosos, s/f. Disponible en línea:

<http://www.librosmaravillosos.com/eurekasyeuforias/index.html#capitulo01>

[Fecha de consulta: 12/12/2020].

<sup>148</sup> *Ibidem*.

nervioso en lugar de una eléctrica, que era la creencia más común, pero no sabía cómo demostrarlo.



*A la izquierda Otto Loewi trabajando en su laboratorio. A la derecha imagen iconográfica de la sinapsis permite a las neuronas comunicarse entre sí, transformando una señal eléctrica en otra química.*

Dejó caer la idea en el fondo de su mente hasta que, 17 años después, tuvo el siguiente sueño. Según Loewi:

Loewi también es conocido por los medios por los cuales se le ocurrió la idea de su experimento.

El sábado de Pascua de 1921, soñó con un experimento que probaría de una vez por todas que la transmisión de los impulsos nerviosos fue química, no eléctrica. Se despertó, escribió el experimento en un trozo de papel en su mesita de noche y volvió a dormirse.

A la mañana siguiente, para su horror, descubrió que no podía leer sus garabatos de medianoche. Ese día, dijo, fue el día más largo de su vida, ya

que no podía recordar su sueño. Esa noche, sin embargo, tuvo el mismo sueño. Esta vez, inmediatamente fue a su laboratorio para realizar el experimento.

En 1936, el fisiólogo alemán Otto Loewi recibió el Premio Nobel de Medicina por sus contribuciones al conocimiento de la transmisión química de los impulsos nerviosos. Pero quizás nunca hubiera recibido esa distinción ni sería conocido como el «padre de la neurociencia» si no fuera por sus sueños.

El experimento de Loewi consistió en unir dos corazones mediante una cánula. Luego estimuló con pulsos eléctricos uno de los corazones para observar el efecto en el otro. Fue así que el fisiólogo descubrió que las células nerviosas liberan sustancias químicas (neurotransmisores) en los sitios en los que se unen con otras neuronas o músculos, lo que revolucionó la neurociencia. El famoso experimento de Loewi, publicado en 1921, respondió en gran parte a esta pregunta.



Su experimento fue icónico porque fue el primero en demostrar la liberación endógena de una sustancia química que podría causar una respuesta en ausencia de estimulación eléctrica. Allano el camino para comprender que el evento de señalización eléctrica (potencial de acción) provoca un evento químico (liberación de neurotransmisor de sinapsis) que en última instancia es el efector en el tejido.

Muchos científicos han experimentado el flash trascendental de la revelación mientras se relajaban o se encontraban entre el sueño y la vigilia. Un caso cautivador fue el del fisiólogo austriaco Otto Loewi (1823-1961), catedrático de Farmacología en la Universidad de Graz y recordado principalmente por su descubrimiento de la transmisión química del impulso nervioso.

En 1936, este hallazgo le valió el premio Nobel, que compartió con su amigo inglés **Henry Hallett Dale** (1875-1968). En esa época, una cuestión fundamental en neurobiología era si los impulsos nerviosos son impartidos a los músculos que controlan por medio de un mediador químico, ya que Dale

ya había demostrado que una sustancia encontrada en el cuerpo, la acetilcolina, podía estimular la acción de un nervio; por ejemplo, podía frenar el latido de un corazón exactamente igual que lo hacía la estimulación del nervio vago que controla el músculo cardiaco.

*“Según Loewi, la idea de su experimento clave se le ocurrió mientras dormía, lo que le llevó a ir directamente al laboratorio en medio de la noche. Diseccionó de ranas dos corazones que latían: uno con el nervio vago que controla el ritmo cardíaco, el otro corazón por sí solo. Ambos corazones se bañaron en una solución salina (es decir, la solución de Ringer). Al estimular eléctricamente el nervio vago, Loewi hizo que el primer corazón latiera más lento. Entonces, Loewi tomó algo del líquido que bañaba el primer corazón y lo aplicó al segundo corazón. La aplicación del líquido hizo que el segundo corazón también latiera más lento, lo que demuestra que una sustancia química soluble liberada por el nervio vago controlaba la frecuencia cardíaca. Llamó al químico desconocido *Vagusstoff*, nombrándolo por el nervio y la palabra alemana para*

sustancia. Más tarde se descubrió que este químico correspondía a la acetilcolina<sup>149</sup>”.

“Loewi se había quedado dormido una noche leyendo una novela cuando se despertó sobresaltado, consciente de que una revelación deslumbrante había sucedido en su mente. Buscó un lápiz y tomó nota de su esencia. Pero cuando se despertó a la mañana siguiente no pudo reconstruir su gran idea ni, para su pesar, interpretar su nota. Todo ese día estuvo sentado en su laboratorio esperando en vano que la visión de todos los aparatos familiares sacudiesen su memoria y tratando de entender, sin éxito, lo que había garabateado. Esa noche Loewi se fue a la cama disgustado, pero de madrugada se despertó con la idea danzando una vez más en su mente. Esta vez tuvo más cuidado al plasmarla por escrito.

Al día siguiente fue a su laboratorio y en uno de los más claros, más simples y más definidos experimentos en la historia de la biología obtuvo la prueba de la mediación química de los impulsos. Preparó dos corazones de rana que se mantenían latiendo gracias a una solución salina. Estimuló el nervio vago de uno de los corazones, haciendo así que dejara de latir. Luego, retiró la solución salina del corazón y la aplicó al otro. Para su gran satisfacción la solución tenía el mismo efecto en el segundo corazón que la estimulación del vago había tenido en el primero: el músculo latiente era llevado al reposo<sup>150</sup>”.

Éste fue el comienzo de muchas investigaciones en muchos países en todo el mundo sobre la intermediación química, no sólo entre nervios y músculos y las glándulas a las que afectan sino también entre los propios elementos nerviosos. La historia del gran descubrimiento de Otto Loewi procede de **W. B. Cannon** en *The Way of Investigator* (1945).

<sup>149</sup> GRATZER, W.: «Capítulo 5: Problemas en el laboratorio. 65. La chispa divina viene de noche.», *Eurekas y euforias. Cómo entender la ciencia a través de sus anécdotas*. S/I, Libros maravillosos, s/f. Disponible en línea: <http://www.librosmaravillosos.com/eurekasyeuforias/index.html#capitulo01> [Fecha de consulta: 12/12/2020].

<sup>150</sup> *Ibidem*.

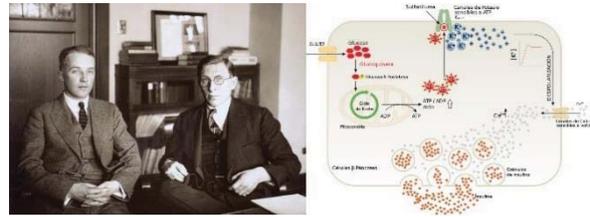


(e) **Frederick Grant Banting y la insulina en Medicina.**

**Frederick Grant Banting** (1891-1941), médico canadiense y premio Nobel de Fisiología y Medicina, soñó con un experimento que en la realidad supuso el descubrimiento de la insulina.

Esta proteína actualmente permite salvar la vida a millones de personas en todo el mundo, y todo se lo debemos al sueño que tuvo el médico canadiense Frederick Grant. Grant soñó con el experimento que le llevó a él y a su ayudante a dar con la proteína que se encargaba de regular el azúcar en la sangre; todo un avance médico que ha salvado una infinidad de vidas a lo largo de la historia. En 1923 Frederick Grant y su profesor **John McLeod** (1795-1842) recibieron el Premio Nobel de Medicina.

Como curiosidad, Grant no vio con buenos ojos que su profesor y tutor del experimento, McLeod, compartiera el Nobel con él en lugar de su ayudante durante los experimentos, el químico **Charles Best** (1899-1978); así que el canadiense repartió su parte con Best en señal de agradecimiento por su gran contribución en el experimento.



*A la izquierda imagen de Frederick G. Banting y su colega Charles H. Best en 1924.*

*Se los considera codescubridores de la insulina.*

*A la derecha imagen iconográfica anatómico-fisiológica del mecanismo de liberación de insulina dependiente de glucosa en las células  $\beta$  del páncreas.*

Los bioquímicos ya sabían que una sustancia producida en el páncreas por ciertos islotes, llamada insulina, jugaba un importante papel en evitar la diabetes, pero no habían podido aislar la sustancia. El cirujano canadiense Frederick Banting soñó una operación con la que podría cortar el flujo de sangre al páncreas de un perro pero dejar vivos los islotes.

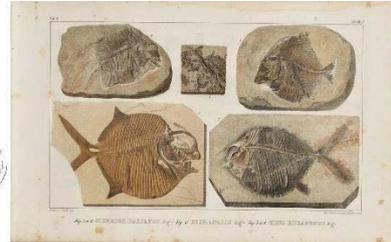
Frederick G. Banting no podía dormir preguntándose ¿si no habría alguna forma de usar las células sanas, semejantes a islotes, del páncreas degenerado de un perro que tiene unidos los conductos, para ayudar a mantener vivo a un perro que está muriendo de diabetes y al que se le ha extirpado enteramente el páncreas?.

Al amanecer tiene un presentimiento y anota en su libreta que debía anudar el conducto pancreático de los perros, esperar seis a ocho semanas la degeneración y extraer los residuos y hacer un extracto.

Esa fue la idea que lo llevó al descubrimiento de la insulina.

#### (f) **Jean-Louis-Rodolphe Agassiz y el pez fosilizado.**

También los campos de la paleontología y la zoología se vieron beneficiados por la revelación onírica. El suizo **Jean-Louis-Rodolphe Agassiz** (1807-1873) era considerado la mayor eminencia del mundo en el estudio de los peces, tanto vivos como extintos. Un día, en 1840, mientras compilaba su voluminosa obra *Investigación sobre los peces fósiles* (1833/43) –un listado de todos los peces fosilizados que fueron hallados– Agassiz encontró un espécimen en el interior de una piedra. Trató en vano de entender la estructura del pez pero no tuvo éxito y no se animó a extraer al animal de la piedra, sin entender bien su forma, por temor a destruirlo.



*A la izquierda imagen de Louis Agassiz; quien, después de dos semanas de análisis, una noche tuvo un sueño en el que se le reveló la forma exacta del pez fosilizado. A la derecha imagen iconográfica de pez fosilizado. Fuente: Imagen de Louis Agassiz en el libro *Recherches sur les Poissons Fossiles* (1833-43). Vol. 2, placa 69c.*

Su esposa contó lo que pasó:

*“Se despertó una noche convencido de que mientras dormía, había visto su pez con todas las características perdidas perfectamente restauradas (...) Pero cuando trató de retener la imagen y dibujarla, se le escapó (...) A la noche siguiente volvió a ver el pez, pero sin un resultado más satisfactorio. Cuando despertó desapareció de su memoria como antes (...) Pero la historia tuvo final feliz porque el inconsciente del experto mantuvo su obsesión y, esta vez, el suizo estaba preparado. En la tercera noche colocó un lápiz y papel al lado de su cama antes de irse a dormir. Hacia la mañana, el pez reapareció en su sueño, confuso al principio, pero al fin con tal*

claridad que ya no dudó de sus características zoológicas<sup>151</sup>”.

Por la mañana se sorprendió al ver en sus bocetos nocturnos rasgos que creía imposibles de revelar para el propio fósil. Se apresuró a trabajar y, con su dibujo como guía, logró cortar la superficie de la piedra bajo la cual las porciones de los peces demostraron estar ocultas. Cuando estuvo completamente expuesto, correspondió con su sueño y su dibujo, y logró clasificarlo con facilidad.

Con ayuda de este mapa onírico, el paleontólogo pudo recortar la piedra en los lugares exactos para revelar al esquivo pez, que así pudo ingresar a su famoso libro y ser parte de la historia de la ciencia.

Louis Agassiz fue el principal experto mundial en especies de peces, tanto actuales como extintos. Había estado tratando de entender la estructura de un pez fósil durante dos semanas, pero no podía hacer ningún progreso.

La esposa de Agassiz deescribió acerca de cómo le llegó la solución en forma de sueños durante tres noches, diciendo que había estado luchando durante dos semanas para descifrar la impresión algo oscura de un pez fósil en la losa de piedra en la que estaba conservada, hasta que finalmente lo logró.

#### **(g) Elías Howe y la máquina de coser, un ejemplo clásico de problema que requería una solución de diseño.**

El inventor *Elías Howe* (1819-1867) quería construir una máquina de coser. Pasó su infancia y su juventud en Massachusetts, donde trabajó de aprendiz en una fábrica textil en Lowell a comienzos de 1835. Tras el cierre de la fábrica debido al pánico de 1837, se mudó a Cambridge; Massachusetts, para trabajar como mecánico. A partir de 1838, fue aprendiz en el taller de *Ari Davis*, un maestro mecánico en Cambridge que se especializó en la fabricación y reparación de cronómetros y otros instrumentos de precisión. Fue trabajando con Davis donde Howe se apoderó de la idea de la máquina de coser.

151 BBC NEWS/MUNDO. 3 grandes descubrimientos que hicieron científicos mientras estaban dormidos. Disponible en línea: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-4637535> [Fecha de consulta: 12/12/2020].



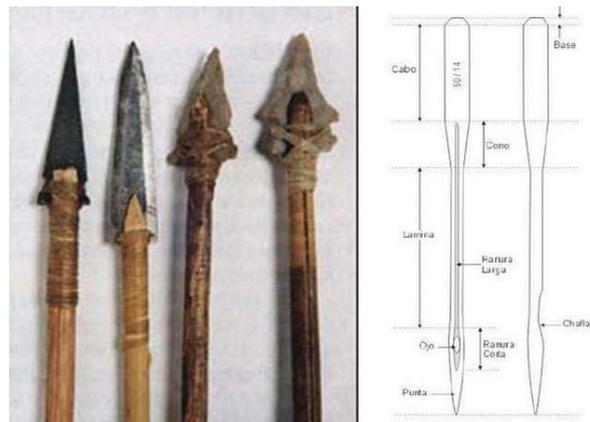
En Septiembre de 1846 se le concedió la primera patente de una máquina de coser. La patente fue denunciada ante los tribunales en la década de 1850, debido a que el invento pertenecía a **Walter Hunt** (1796-1859) que lo había inventado anteriormente sin haberlo patentado. Lo que Howe realmente hizo fue perfeccionar y remodelar la máquina de coser.

Howe sabía hacer que la aguja subiera y bajara pero ¿cómo lograr que metiera el hilo en la tela?

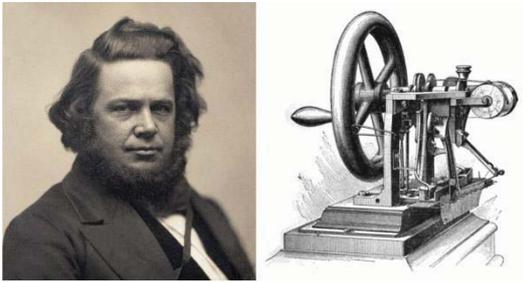
Una noche soñó que un grupo de caníbales se lo querían almorzar. Antes de que lo mataran, se dio cuenta de que las lanzas tenían un agujero en la punta. ¡Esa era la solución! Por eso las máquinas de coser usan agujas con el agujero en la punta.

*“Una noche soñó que estaba construyendo una máquina de coser en un país extraño para un rey salvaje. El rey le había dado 24 horas para que completara la máquina y la hiciera coser, pero probó que no podía hacer que la aguja funcionara y finalmente se rindió desesperado. Al amanecer, fue sacado para ser ejecutado, y con la acción mecánica de la mente en tiempos de grandes crisis, notó que las*

*lanzas que transportaban los guerreros estaban perforadas cerca de la cabeza. De repente, se dio cuenta de que aquí estaba la solución de la aguja de la máquina de coser. Suplicó por el tiempo y, mientras seguía rogando, se despertó. Eran las cuatro en punto. Se vistió apresuradamente y fue a su taller: a las nueve en punto se terminó el modelo de la aguja con un ojo en el punto”* (Mecánica Popular, 1905).



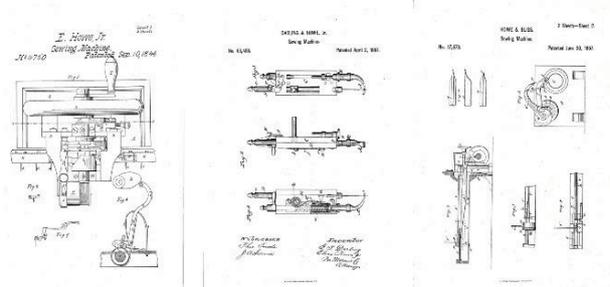
*A la izquierda imagen de lanzas de aborígenes de mango de madera o caña con punta de piedra triangular afilada cosida con lana, cuero u otra fibra animal. A la derecha dibuja de una aguja de máquina de coser con la base y cabo, cono más lámina y el ojo perforado en la zona equivalente al triángulo de piedra afilado de la lanza aborígen, donde se inserta el hilo de coser de la máquina. Invento clave.*



A la izquierda imagen de Elias Howe.  
A la derecha representación en un dibujo  
de la máquina de coser de Elias Howe.

En 1844 Elias Howe patenta una máquina que contaba con una aguja con ojo en la punta, lanzadera y un flujo continuo de hilo que resultaba en una costura de punto cadena. Intenta vender su modelo en Nueva York, pero este aún tiene ciertas limitaciones y no tiene éxito, por lo que viaja a Inglaterra, sin que le vaya mejor. Sin embargo al regresar a Nueva York se encuentra que han surgido muchos fabricantes de máquinas de coser y que éstas usan los principios de su diseño patentado, por lo que emprende acciones legales que lo convierten en el segundo hombre más rico del mundo, pero se ve enfrascado en un litigio con *Isaac Singer* (1811-1875) y *Allen Wilson*, que se prolonga por 5 años hasta que en 1856 forman, junto a *Oliver Potter*, un cartel llamado «La combinación de

máquinas de coser», gracias al cual obtienen control total de la fabricación de máquinas de coser mediante un sistema de licencias que les permite repartir las ganancias entre los integrantes del cartel, hasta 1877 cuando expira la última patente de 1846.



Imágenes de la patente de Elias Howe.

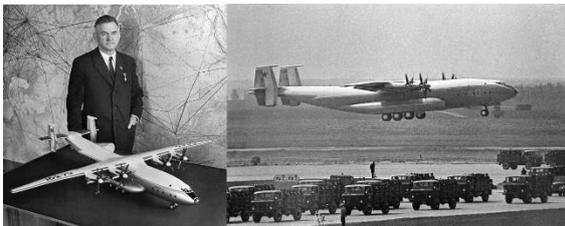
## (h) Oleg Antonov y el avión

### Antei:

*Oleg Antonov* (1906-1984), a la edad de 17 fundó el *Club de Aviación Amateur* y la *Organización de Amigos de la Fuerza Aérea*. Ese mismo año diseñó el OKA-1 *Pigeon*, un planeador con el cual ganó un concurso en Moscú.

En 1930, Antónov se graduó en el Instituto Politécnico de Kalinin en Leningrado (Rusia). Continuó con el diseño de planeadores y en 1931 se convirtió en el diseñador jefe de la Fábrica de Planeadores de Moscú.

Durante los siguientes ocho años, diseñó 30 tipos diferentes incluyendo el Standard-1, Standard-2, OKA-6 y el gran planeador *City of Lenin*. Debido al requerimiento de que todos los pilotos en la Unión Soviética tuvieran que empezar su primer vuelo en planeador, Antónov fue capaz de producir hasta 8.000 planeadores al año.



*A la izquierda, foto de Oleg Antonov, diseñador de aviones soviético con la peculiar forma del empenaje de cola de su legendario avión Antonov An-22 Antei. A la derecha imagen fotográfica del An-22 Antei.*

En 1938, debido a un accidente, el gobierno soviético prohibió el deporte de planear y cerró la fábrica de Moscú. Después de esto, Antónov fue empleado como el principal diseñador para los aviones Yákovlev. En 1940, una nueva compañía bajo su nombre fue creada en Leningrado.

Durante la guerra, Antónov diseñó el A-7. En 1943 Antónov volvió al programa de diseño del Yákovlev para cubrir un puesto vacante como diputado de Yákovlev. Una gran parte de su tiempo y energía fueron necesarios para la mejora de los Yak, el avión más producido en la *Segunda Guerra Mundial*.

Oleg Antonov, diseñador de aviones soviético y uno de los constructores generales de la compañía fabricante de aeronaves Antonov, soñó con la peculiar forma del empenaje de cola de su legendario avión *Antonov An-22 Antei*. En efecto, en un sueño vio con nitidez un nuevo sistema de propulsión de 4 motores turbohélice. Gracias a esto, pudo desarrollar el avión de transporte más grande del mundo, con una capacidad para 290 pasajeros. Su sistema de propulsión es fiable y efectivo, por ello actualmente sigue utilizándose.

*“Pensaba, calculaba, dibujaba, pero no lo conseguía. Una vez cuando estaba dormido, vi muy claramente la cola del avión que tenía una forma poco común. Me desperté, encendí la luz, dibujé en un papel esa construcción rara y me volví a dormir.*



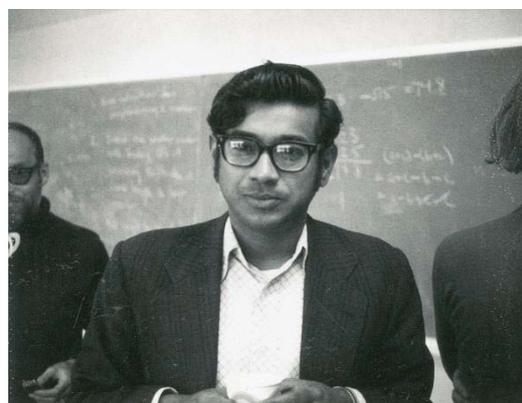
*Por la mañana, al ver el dibujo, me quedé asombrado: ¿por qué no se me había ocurrido antes?<sup>152</sup>”.*

**(i) Srinivasa Ramanujan y las matemáticas:**

El matemático indio *Srinivāsa Aiyangār Rāmānujan* (1887-1920) casi no tenía formación académica. Es reconocido en todo el mundo por lograr más de 3,900 resultados que contribuyeron al análisis matemático, teoría de números y fracciones continuas.

Srinivasa Ramanujan fue un matemático autodidacta indio que, con una mínima educación académica en matemáticas puras, hizo contribuciones extraordinarias al análisis matemático, la teoría de números, las series y las fracciones continuas. Ramanujan desarrolló inicialmente su propia investigación matemática en forma aislada, que fue rápidamente reconocida por los matemáticos indios. Cuando sus habilidades se hicieron evidentes para una comunidad matemática más

amplia, centrada en Europa en ese momento, comenzó su famosa colaboración con el matemático británico *Godfrey Harold Hardy* (1877-1947). Redescubrió teoremas conocidos previamente, además de formular numerosas nuevas proposiciones.



*Durante su corta vida, Ramanujan fue capaz de compilar casi 3900 resultados independientes (en su mayoría identidades y ecuaciones).*

*Casi todos sus hallazgos se han demostrado válidos, aunque algunos ya eran previamente conocidos. Logró resultados que eran a la vez originales y muy poco convencionales, como los números primos de Ramanujan y la función theta de Ramanujan, que a su vez han inspirado una gran cantidad de investigaciones.*

*Fotografía de Ramanujan.*

G. H. Hardy señaló que los descubrimientos de Ramanujan eran inusualmente ricos y que a menudo tenían muchas más implicaciones que las que se observaban a primera vista.

<sup>152</sup> RUSSIA BEYOND. *Sueños proféticos de escritores, científicos y compositores*. Disponible en línea:

[https://es.rbth.com/cultura/lengua/2016/03/01/suenos-profeticos-de-escritores-cientificos-y-compositores\\_572065](https://es.rbth.com/cultura/lengua/2016/03/01/suenos-profeticos-de-escritores-cientificos-y-compositores_572065)

[Fecha de consulta: 12/12/2020].

Como consecuencias indirectas, normalmente se abrían nuevas direcciones de investigación. Los ejemplos más interesantes de estas fórmulas incluyen intrigantes series infinitas para  $\pi$ , como la que se da a continuación:

$$\frac{1}{\pi} = \frac{2\sqrt{2}}{9801} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(4k)!(1103 + 26390k)}{(k!)^4 396^{4k}}$$

Y se relaciona con el hecho de que:

$$e^{\pi\sqrt{58}} = 396^4 - 104.000000177\dots$$

La serie de Ramanujan para  $\pi$  converge extraordinariamente rápido (de forma exponencial) y constituye la base de algunos de los algoritmos más rápidos que actualmente se utilizan para calcular el valor de  $\pi$ .

Una de sus capacidades más notables fue la rápida solución de problemas. Su intuición también le llevó a obtener alguna identidad previamente desconocida, como:

$$\left[1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos(n\theta)}{\cosh(n\pi)}\right]^{-2} + \left[1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cosh(n\theta)}{\cosh(n\pi)}\right]^{-2} = \frac{2\Gamma^4\left(\frac{3}{4}\right)}{\pi} = \frac{8\pi^3}{\Gamma^4\left(\frac{1}{4}\right)}$$

En 1918, Hardy y Ramanujan estudiaron la función de partición  $P(n)$  ampliamente y dieron una serie asintótica no convergente que permite el cálculo exacto del número de particiones de un entero. **Hans Rademacher** (1892-1969), en 1937, fue capaz de refinar su fórmula para encontrar una solución exacta a este problema mediante una serie convergente. El trabajo de Ramanujan y de Hardy en esta área dio lugar a un nuevo método de gran alcance para la búsqueda de fórmulas asintóticas, llamado el *Método del círculo de Hardy-Littlewood*.

Descubrió la función mock theta en el último año de su vida. Ramanujan es célebre por su extraordinaria productividad en materia de fórmulas. G. H. Hardy declaró, haciendo alusión a **Leonhard Euler** (1707-1783), también un gran creador de fórmulas extraordinarias, que Ramanujan había nacido 200 años demasiado tarde. Respecto a las fórmulas contenidas en la carta que recibió del matemático indio en 1913, afirmaba como ya se ha señalado anteriormente que eran demasiado increíbles para ser falsas.



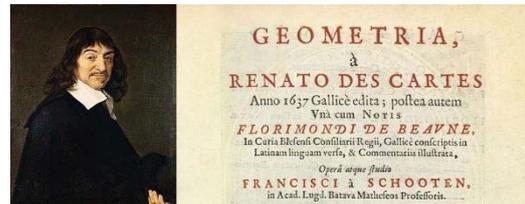
(1637), cristalizando el método científico moderno que, por supuesto, condujo a todos los grandes descubrimientos y avances que siguieron. Los cuatro principios de Descartes eran dudar de todo, dividir cada problema en partes más pequeñas, resolver primero los problemas más simples (y construir desde allí) y ser exhaustivos. Así, su famosa frase: “Pienso, luego existo”.

1. Nunca aceptar nada como verdadero hasta que todas las razones de la duda puedan ser descartadas.

2. Dividir el problema en tantas partes como sea posible y necesario para proporcionar una solución adecuada.

3. Los pensamientos deben ordenarse, comenzando por el más simple y el más fácil de conocer, ascendiendo poco a poco y, paso a paso, hacia un conocimiento más complejo.

4. Hacer las enumeraciones tan completas y las revisiones tan generales que no se omita nada.



*A la izquierda imagen de René Descartes.*

*A la derecha, imagen tipográfica de uno de sus textos sobre geometría, parece irónico que un matemático escribió uno de los libros de la filosofía moderna más importantes de todos los tiempos.*

Descartes escribió que la base del método científico le llegó en sueños que tuvo el 10 de Noviembre de 1619. En 1619, René Descartes tenía 23 años y, por lo que sabemos de sus cartas a *Beeckman* y de su biógrafo *Baillet* (*Vie de Mr. Descartes*, 1691), se encontraba desilusionado por una educación solamente libresca y decidió viajar por Europa para conocer el mundo. En esos momentos ya le había nacido el deseo, no poco grandioso, de crear una nueva ciencia, a través de la cual todos los problemas que puedan ser postulados, en lo relativo a cualquier cantidad, continua o discreta, puedan ser resueltos. Antes de dormirse, la noche del 10 de Noviembre, según *Baillet*, en el primer sueño de una noche tan memorable como agitada su imaginación se vio

perturbada por la representación de unos fantasmas. Luego, según cuenta Baillet, volvió a dormirse. El segundo sueño es bastante extraño y puede que ni siquiera sea un sueño, sino tal vez un fenómeno hipnagógico o un estado liminal de sueños dentro de sueños. En su sueño un sonido explosivo, como un relámpago, lo estremeció. Esto hizo que se despertara. El tercer sueño no fue una pesadilla. En él, Descartes encontró un libro en su mesa y lo abrió, notando que era un diccionario. Al mismo tiempo observó un segundo libro, una antología de poesía latina, *Corpus Poetarum*. Lo abrió en un verso que decía “*Quod vitae sectabor iter?*” (traducido como: “¿Qué camino de vida debo seguir?”). En ese instante apareció un hombre desconocido que le mostró un verso que empezaba “*Est & Non*” (traducido como: “Sí o No”). Era un *idyllis* de Ausonius. Se lo intentó enseñar al hombre pero, para su vergüenza, no lo encontró en el libro. Le dijo al hombre que conocía otro poema, del mismo poeta, que empezaba “*Quod vitae sectabor iter?*”. Sin lograrlo, finalmente el libro y el hombre desaparecieron.

Sin embargo, Descartes no despertó sino que se dispuso a interpretar su sueño mientras soñaba, algo que Baillet califica como una cosa extraña (pues ciertamente no conocía los ahora llamados sueños lúcidos). Descartes consideró que el Diccionario significaba nada menos que todas las ciencias juntas y que los poemas indicaban la Filosofía y la Sabiduría unidas.

Resumiendo, de los tres sueños rarísimos, el 3er. sueño es el más importantes, donde aparece la pregunta (en latín): “*Quod vitae sectabor iter?*” (traducido como: “¿Qué camino debo tomar? ¿Qué camino de la vida elegiré?”) y luego lee la respuesta: “*Sí y no*”. Al despertar, el filósofo siguió interpretando el sueño y notó que el Sí y el No, que era el sí y el no de Pitágoras, debía entenderse como la verdad y la falsedad en el conocimiento humano y en las ciencias seculares. ¿Un esbozo de su método?





Imagen que representa de un modo pedagógico a René Descartes con la pregunta (en latín): “Quod vitae sectabor iter?” (traducido como: ¿Qué camino debo tomar? ¿Qué camino de la vida elegiré?) y luego lee la respuesta: “Sí y no”. Que era el sí y el no de Pitágoras, debía entenderse como la verdad y la falsedad en el conocimiento humano y en las ciencias seculares. ¿Un esbozo de su método?

Descartes interpretó estos sueños como revelaciones sobre cómo se debe usar la razón, y no sólo los sentidos, para llegar a la verdad. Se le considera una figura clave en la revolución científica.

Momentáneamente dejamos aquí con un poco de humor. En el filme «*The Matrix*» (1999), película de ciencia ficción ganadora de 4 Premios Óscar, protagonizada por *Keanu Reeves* entre otros actores. Estrenada en los EE.UU. el 31 de Marzo de 1999; aparece el siguiente diálogo:

“¿Alguna vez has tenido un sueño, que pareciera tan real que no lo puedes distinguir de la realidad?”

*Y si no pudieras despertar de ese sueño, ¿cómo sabrías que estás soñando?” (The Matrix, 1999).*

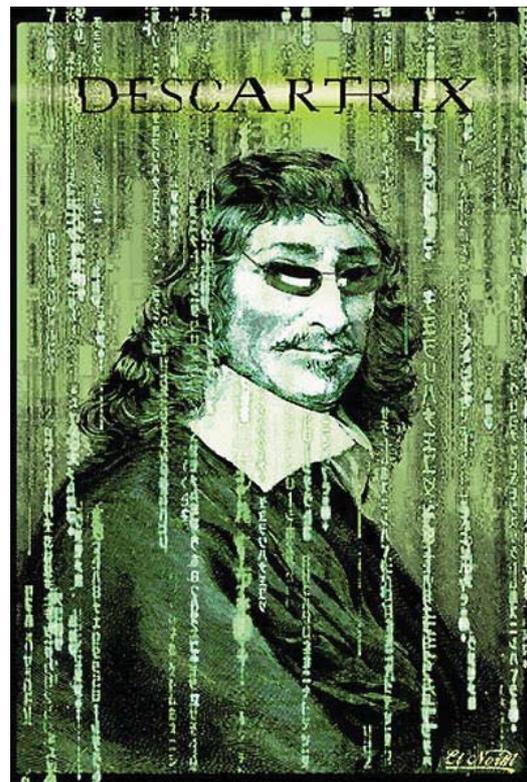


Imagen de humor que combina a René Descartes con las preguntas filosóficas del film “*The Matrix*”, la película ganadora de varios Premios Óscar en 1999, de la Academia de las Artes y Ciencias Cinematográficas de EE.UU.

**(k) Albert Einstein y su teoría de la relatividad.**

*Albert Einstein* (1879-1955), físico alemán. En 1905, cuando era un joven físico desconocido, empleado en la *Oficina de Patentes de Berna*, publicó su teoría de la relatividad especial.

Como una consecuencia lógica de esta teoría, dedujo la ecuación de la física más conocida a nivel popular: la equivalencia masa-energía,  $E=mc^2$ .

En 1915, presentó la teoría de la relatividad general, en la que reformuló por completo el concepto de la gravedad. En 1919, cuando las observaciones británicas de un eclipse solar confirmaron sus predicciones acerca de la curvatura de la luz, fue idolatrado por la prensa. Einstein se convirtió en un icono popular de la ciencia mundialmente famoso, un privilegio al alcance de muy pocos científicos.

Por sus explicaciones sobre el efecto fotoeléctrico y sus numerosas contribuciones a la física teórica, en 1921 obtuvo el Premio Nobel de Física y no por la Teoría de la Relatividad, pues el científico a quien se encomendó la tarea de evaluarla no la entendió, y temieron correr el riesgo de que luego se demostrase errónea. En esa época era aún considerada un tanto controvertida.

No es verdadera la historia de que Albert Einstein un día soñó que iba por el campo cuando vio que una manada de vacas saltaba una cerca, todas al mismo tiempo.

Del otro lado había un granjero que afirmaba que las vacas habían saltado de una por una. Este sueño le hizo pensar que el tiempo puede transcurrir diferente dependiendo de la posición del observador. La idea dio origen ¡a la teoría de la relatividad! Historia contada por el autor *Alan Lightman* en la obra titulada *Los sueños de Einstein* (1993)<sup>153</sup>. Aclaramos que esta versión se ha dicho o citado en algunas oportunidades y no es verdadera, proviene de un libro de ficción. Aclarado este punto.

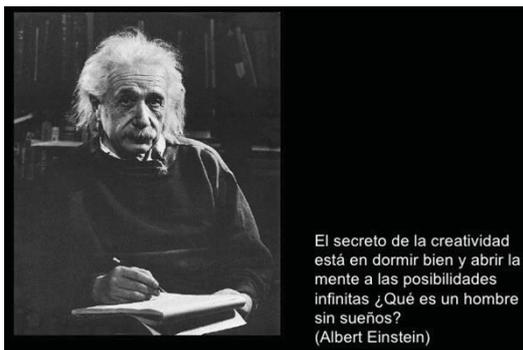
Da la casualidad de que llegó al logro científico extraordinario, al descubrir el principio de la relatividad, después de tener un sueño vívido.

---

<sup>153</sup> El libro se basa menos en la figura de Albert Einstein que en las posibilidades de cada lector de imaginar el tiempo y la existencia. El personaje de Einstein aparece en pocos momentos en el libro, siempre en momentos de su vida en que no era científico. El libro consta de treinta pequeños bocetos datados, describiendo la experiencia del tiempo, cada uno de los cuales es un sueño ficticio del joven Albert Einstein. En el libro hay comentarios sobre el concepto de tiempo absoluto de Sir Isaac Newton, la teoría de la relatividad, la segunda ley de la termodinámica y el concepto de la eternidad cristiana.

A la edad de 16 años, Einstein se entregaba a un experimento de pensamiento, imaginándose qué pasaría si viajara a la velocidad de la luz junto a un rayo de luz:

Esta paradoja del rayo de luz congelado lo inquietaba por los siguientes diez años de su vida. Uno puede ver en esta paradoja el germen de imaginación para la teoría especial de la relatividad.



Para Einstein: «La imaginación es más importante que el conocimiento.

El conocimiento es limitado y la imaginación circunda el mundo» (Einstein, 1926)<sup>154</sup>.

Einstein dijo esto sobre la imaginación y el conocimiento en una larga entrevista con **George Sylvester Viereck** en *The Saturday Evening Post* en 1926.

Sin embargo, es posible que Viereck exagerase al describir a Einstein. También escribió que garabateó una frase aquí y allá, pero después sus notas eran tan difíciles de entender como el fantástico mecanismo de un sueño.

### Conclusiones.

Hemos brindado ejemplos de algunos inventos y descubrimientos científicos que han tenido lugar a lo largo de la historia gracias a los sueños. Según apunta **Simund Freud** en su teoría sobre la interpretación de los sueños, nuestra mente es capaz de guardar y almacenar recuerdos o imágenes aunque nosotros no seamos conscientes de ello, por esta razón es muy probable que nuestro subconsciente proyecte nuestros recuerdos más inhóspitos en los sueños. Estos descubrimientos no han sido fruto de la casualidad; sus autores trabajaron muy duro y durante mucho tiempo para conseguirlos; pero fue durante su fase de descanso y ensoñación cuando su mente desarrolló la solución a las cuestiones que pretendían resolver.

<sup>154</sup> ZULET, J.: *Black&white*. Editorial Visión Libros.



Merece un par de consideraciones especiales René Descartes y sus implicancias con la inspiración artística y el mundo de la filosofía tan despreciada por los ingenieros, tecnólogos y científicos pseudo-cultos. Cuando la historia nos enseña que los genios de la humanidad, nunca han despreciado la totalidad del conocimiento humano (por lo menos le han prestado atención).

**Gottfried Wilhelm von Leibniz** (1646-1716) escribiría sobre esto, que Descartes siendo un hombre joven decidió reformar la Filosofía después de unos sueños y mucho cavilar sobre el *quod vitae sectabor iter* de Ausonius. **Auguste Comte** (1798-1857) consideró que era un tanto perturbador encontrar el origen de la filosofía moderna en un episodio onírico (la filosofía que sería la ciencia).

**Gregor Sebba** (1905-1985), en su ensayo *The Dream of Descartes* (1989), considera que se pueden leer en el sueño algunos indicios de lo que sería el método de Descartes. Surgió el reconocimiento de que el progreso científico no podía ir de manera aleatoria y sin un sistema –debía de haber un método a través del cual todas

las cuestiones que podían responderse fueran respondidas con certeza–. Pero un método –en griego *methodos*– es un camino que uno toma.

**Sebba** lee como el macrotema del sueño justamente la vocación de Descartes y el sendero es tanto el sendero que él debía llevar en la vida personal como en su obra, su método. Y el segundo sueño, la visión de las centellas, según Sebba, es una iluminación, en el sentido de la *Ilustración*, el *Siglo de las Luces*, las luces que se convirtieron en las posturas y experiencias de los filósofos del siglo XVIII. Paradójicamente, esas luces tenían una fuente divina metarracional, aunque acabaron convirtiéndose en la entronización de la Razón, como la divinidad que acabaría con lo divino. El *Logos* (razón) que negaba su origen onírico (irracional).

**Theodore Roszak** (1933-2011), en el capítulo que le dedica al «Ángel de Descartes» en *The Cult of Information (s/f)*, reflexiona sobre el curioso destino de la ciencia y el pensamiento moderno, puesto que fue fundada por un salto de la razón, por un momento de entusiasmo angelical o, por lo menos,

por un modo de pensamiento altamente imaginativo, pero que en su método ha abolido y desconocido tal posibilidad. La filosofía (y en este caso estamos hablando también siempre de la ciencia), con su obsesión por los procedimientos lógicos, ha dejado de lado ese aspecto del pensamiento que la hace un arte más que una ciencia, o una tecnología: el momento de inspiración, el misterioso origen de las ideas.

No hay duda de que el mismo Descartes tendría dificultades en decirnos por qué puerta de la mente había entrado el ángel a su pensamiento. ¿Puede alguno de nosotros decir de dónde vienen esos destellos intuitivos?

¿Acaso de la glándula pineal, esa glándula que, según el mismo Descartes, secreta espíritus? Fuera de broma, esto es algo que merece considerarse seriamente, que el ángel que ha iluminado la mente de grandes científicos con una visión de la verdad tan atrevida como la de Descartes rara vez ha recibido crédito. Y es que pocos científicos se atreverían a decir que muchas de las grandes ideas no parecen venir de su sobrio método, sino de sueños, fantasías, momentos

de inspiración divina, entusiasmo, experimentación intuitiva y demás. Y es que tales estados subjetivos, aunque no necesariamente sobrenaturales, sí son por lo menos misteriosos para una ciencia que, por no poder incrustar en su método todo aquello que no puede ver y medir –incluyendo la conciencia–, prefiere hacer como si no existieran o fueran una molestia propia de la existencia humana, a la cual no se debería prestar demasiada atención y que eventualmente debería ser eliminada.

Como diría el físico teórico **Richard Feynman** (1918-1988): “*Shut up, and calculate!*” (¡cállate y calcula!).

Esto, por supuesto, no significa que Descartes realmente haya sido visitado por el ángel de la verdad. Eso es algo que nos es prácticamente imposible afirmar o refutar. Lo que es interesante es que él mismo, el gran filósofo, que es considerado junto con **Francis Bacon** (1561-1626) el gran padre de la ciencia moderna, del método científico analítico y de la modernidad racionalista, pensara que había sido visitado por el espíritu de la verdad, por una



inteligencia sobrenatural, divina, que le aclaró su sendero en la vida y que le dio las bases, si bien de manera enigmática, para crear su nueva ciencia, a través de la cual todos los problemas que puedan ser postulados, en lo relativo a cualquier cantidad, continua o discreta, puedan ser resueltos.

Como decía el filósofo e historiador *Terence McKenna* (1946-2000), llama la atención que las cosas que reclaman tener sus raíces en la más pura racionalidad, suelen tener raíces totalmente irracionales, respondiendo frecuentemente a voces invisibles, como el mismo *Sócrates* (470 a.C.-399 a.C.), ese otro padre de la filosofía que se guiaba por la voz de un *daemon*, un genio que le dictaba qué era lo correcto, y que no vacilaba en dejarse poseer por ninfas y otras divinidades. No nos importa que los artistas hablen con los ángeles, dice McKenna, pero que una empresa como la ciencia moderna tenga que rastrearse a las mismas raíces extáticas nos debe de decir que el mundo es más extraño de lo que suponemos y que debemos abrir nuestra mente.

El científico materialista moderno dirá que la ciencia ha avanzado mucho, incluso que se ha superado mucho desde el tiempo de Descartes y éste avance ha hecho que también se superen las inmaduras creencias de fundadores como Descartes, Bacon o Newton. Pero pese a todos sus avances no ha logrado explicar aquello que es más significativo para el ser humano, y de hecho nunca lo podrá hacer, porque no es su campo, o al menos no es el campo del método científico objetivo.

El problema no estriba en que la ciencia no pueda responder a estas preguntas, sino en que, en el delirio megalomaniaco de su método, pretenda proyectar su visión materialista sobre toda la realidad e invalidar y escarnecer toda exploración de lo invisible, pero real (¿mente humana y su fisiología?, desde una visión médica con base biológica, neurológica y su interpretación psicológica y psiquiátrica). Descartes, pese a haber sido ayudado por su ángel de la verdad, en su *Discurso del método* cerraría la puerta al conocimiento de lo onírico e irracional, argumentando que las verdades reveladas que llevan al cielo

están más allá de nuestra comprensión. El hombre habría de dedicarse únicamente a lo que puede medirse y poseerse con la razón. Con esto dejaba fuera todo el misterio de la existencia y aquello que más profundamente mueve al ser humano. Y quizás traicionaba al ángel de la verdad, que ahora se revelaba como un genio engañoso y egoísta, pues lo único importante era aquello que estaba en nuestro poder. Toda la naturaleza –pura *res extensa*– se disponía ante nosotros como un cuerpo inerte en un laboratorio, listo para ser analizado y fragmentado en mil pedazos.

Correspondería preguntarse si acaso no es ésta la condición del hombre moderno que profesa el culto del materialismo científico y que ha hecho de la razón cartesiana la única divinidad.

Por otro lado, no deja de ser curioso lo que sucedió entre individuos como *John Alexander Reina Newlands* (1837-1898) y *Dimitri Mendeléiev* (1834-1907) en química, pues, fue análogo a lo que sucedió entre *Isaac Newton* (1642-1727) y *Gottfried Wilhelm von Leibniz* (1646-1716)

en matemáticas que desarrollaron independientemente uno del otro el cálculo diferencial e integral<sup>155</sup>.

Meyer es a Mendeléiev en química, lo que Leibniz fue a Newton en matemática; o para decirlo de otro modo, lo que *Alfred Russel Wallace* (1823-1913) fue a *Charles Darwin* (1809-1882) en biología. Todos descubren casi en simultáneo e independientemente las mismas leyes y/o propiedades científicas químicas, matemáticas y biológicas. ¿Sorprendente no? No tan sorprendente para el historiador *Sigfried Giedion* (1888-1968); pues parafraseando al autor, estas ideas flotaban el aire de la época. Para decirlo de otro modo; si no hubiera sido Meyer o Mendeléiev hubiera sido otro químico el encargado de organizar la tabla periódica de los elementos en química, si no hubiera sido Newton o Leibniz hubiera sido otro matemático el encargado del cálculo diferencial e integral, si no

<sup>155</sup> Fue Newton quien lo hizo antes, pero fue Leibniz quien lo publicó primero. Contando con que Newton y Leibniz hablaron sobre ello en su correspondencia antes de que este último publicara, la disputa era de esperar. Hubo acusaciones de plagio entre ellos, adeptos de los dos que los defendían a muerte atacando al contrario, en general hubo una trifulca entre Inglaterra (Newton) y Alemania (Leibniz) en la que se luchaba por quedarse con la autoría de la invención de esta importantísima rama de las matemáticas.

hubiera sido Wallace o Darwin hubiera sido otro biólogo el encargado de plantear las teorías evolutivas. Eso es lo que nos dice Giedion en historia del arte, diseño industrial y arquitectura. Nosotros hacemos los paralelismos de un área de conocimiento a otro y sacamos las mismas conclusiones.

Después de todo es un estudio comparado e interdisciplinario de la historia de la ciencia y de sus recursos metodológicos y epistemológicos. Por lo menos de una parte de su campo hipotético, analógico, abductivo, metafórico y artístico creativo.

Pues, no es verdad que la Ciencia sea «objetividad» pura; pues sin la «subjetividad» esta no hubiera tampoco prosperado fecundamente.

Esa cuota de subjetividad humana y artística impredecible; nos ha hecho únicos, ricos y prósperos como cultura global. Por lo menos en este estudio sesgado de la Cultura Occidental, de su Arte y su Ciencia.



## BIBLIOGRAFÍA.

DIAZ, E.: *Metodología de las Ciencias Sociales*. Buenos Aires, Editorial Biblos, 1997.

KLIMOVSKY, G.: *Las desventuras del conocimiento científico. Una introducción a la epistemología*. Buenos Aires, A-Z Editora, 1994.

PEIRCE, Ch.S.: *El hombre, un signo*. Barcelona, Grijalbo, 1988.

HOLMYARD, E.J.: «Maslama al-Majriti and the Rutbatu'l-Hakim», *Isis* 6 (3). S/I, S/E, 1924, pp.293-305.

## WEBGRAFÍA.

ANDERSON, I.F.:

- (2020a): “Alicia a Través de las Puertas, los Espejos y las Ventanas”, *ArtyHum Revista Digital en Artes y Humanidades*, N° 69. Vigo, pp. 8-41. Disponible en línea:

<https://www.artylum.com/revista/69/#p=8>

[Fecha de consulta: 12/12/2020].

- (2020b): “El pensamiento abductivo y el uso de iconografías artísticas y de diseño en ciencias. Los métodos del pensamiento científico -inductivo, hipotético-deductivo y abductivo- y sus relaciones con las analogías en la investigación”, *ArtyHum Revista Digital en Artes y Humanidades*, N° 81, Vigo, pp. 46-97. Disponible en línea:

<https://www.artylum.com/revista/81/#p=46>

[Fecha de consulta: 12/12/2020].

- (2016): “Charles S. Peirce y el signo tres. Metodología semiológica para diseñadores”, *Revista Bold*, N° 3. La Plata, Editorial Papel Cosido de la Facultad de Bellas Artes –

Universidad Nacional de La Plata, pp. 39-48.

Disponible en línea:

<http://papelcosido.fba.unlp.edu.ar/pdf/revistas/bold/Bold-3.pdf> [Fecha de consulta: 12/12/2020].

ARISTÓTELES: *Metafísica*. Madrid, Editorial Gredos S.A., 1994. Disponible en línea: <https://enblancoe.files.wordpress.com/2013/11/aristoteles-metafisica.pdf>

[Fecha de consulta: 12/12/2020].

BUENO, G.: *Ensayos materialistas*. Madrid, Taurus, 1972. Disponible en línea: <http://www.fgbueno.es/med/dig/gb1972em.pdf>

[Fecha de consulta: 12/12/2020].

FREUD, S.: *El yo y el ello. Volumen XIX Obras completas*. Londres, Standard Edition, 1923. Disponible en línea:

<https://agapepsicoanalitico.files.wordpress.com/2013/07/yo-y-el-lo.pdf>

[Fecha de consulta: 12/12/2020].

GRATZER, W.: *Eureka y euforias. Cómo entender la ciencia a través de sus anécdotas*. S/I, Libros maravillosos, s/f. Disponible en línea:

<http://www.librosmaravillosos.com/eurekasyeuforias> [Fecha de consulta: 12/12/2020].

PLATÓN: *Diálogos. Obra completa en 9 volúmenes. Volumen IV: República*. Madrid, Gredos, 1986. Disponible en línea:

<https://licenciaturaenlenguayliteratura.files.wordpress.com/2011/08/platon-dialogos-iv-republica-gredos.pdf>

[Fecha de consulta: 12/12/2020].



SAMAJA, J.: *Epistemología y metodología. Elemento para una teoría de la investigación científica*. Buenos Aires, Eudeba, 1993. Disponible en línea: [https://www.academia.edu/14477331/EPISTEMOLOGIA\\_Y\\_METODOLOGIA\\_JUAN\\_SAMAJA](https://www.academia.edu/14477331/EPISTEMOLOGIA_Y_METODOLOGIA_JUAN_SAMAJA) [Fecha de consulta: 12/12/2020].

STRATHERN, P.: *El sueño de Mendeléiev. De la alquimia a la química*. Barcelona, Siglo XXI Editores, 2000, s/p. Disponible en línea: [https://www.sigloxxieditores.com/libro/el-sueno-de-Mendeléiev\\_17504/](https://www.sigloxxieditores.com/libro/el-sueno-de-Mendeléiev_17504/) [Fecha de consulta: 12/12/2020].

#### Láminas.

##### Portada.

<https://aamiblogdotcom.wordpress.com/2012/08/30/lhemisferic-valencia-ciudad-de-las-artes-y-de-las-ciencias/>

<https://www.unprofesor.com/ciencias-naturales/que-es-el-sistema-solar-y-como-esta-formado-resumen-2472.html>

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Modelo\\_de\\_Bohr.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Modelo_de_Bohr.png)

<https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Ouroboros.png>

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Benzeno-2D-full.svg>

##### Lámina 2.

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alchemytable.jpg>

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Periodic\\_table\\_large-es-updated-2018.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Periodic_table_large-es-updated-2018.svg)

##### Lámina 3.

<https://laslecturasdeguillermo.wordpress.com/2018/09/26/cuadernos-alquimicos-de-isaac-newton/>

##### Lámina 4.

<https://principia.io/2019/12/26/el-ocaso-del-profeta.IjEwOTUi/>  
<https://www.uv.es/~jaguilar/elementos/mendelei.html>

##### Lámina 5.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ottava\\_Ex.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ottava_Ex.svg)  
<http://uca.edu.ar/es/la-uca-festeja-tabla-periodica/la-historia-de-la-tabla-periodica>

##### Lámina 6.

<http://www.diariodeavisos.com/2013/01/niels-bohr-100-anos-modelo/>  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Modelo\\_de\\_Bohr.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Modelo_de_Bohr.png)

##### Lámina 7.

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Frkekul%C3%A9.jpg>  
<https://www.vix.com/es/btg/curiosidades/3665/el-sueno-de-kekule-y-el-benceno>

##### Lámina 8.

<https://www.unprofesor.com/ciencias-naturales/que-es-el-sistema-solar-y-como-esta-formado-resumen-2472.html>



[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Modelo\\_de\\_Bohr.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Modelo_de_Bohr.png)

Lámina 9.

<https://www.wattpad.com/664125153-quimica-benceno-y-sus-derivados>

Lámina 10.

<https://geschichte.univie.ac.at/en/images/otto-loewi-1873-1961-medical-chemistry-pharmacology-nobel-prize-1936>

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sinapsis.png>

Lámina 11.

<https://ahombrosdegigantescienciytecnologia.wordpress.com/2015/07/27/el-aislamiento-de-la-insulina-banting-y-best/>

[https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Glucosa\\_Liberacion\\_Insulina\\_Pancreas.svg](https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Glucosa_Liberacion_Insulina_Pancreas.svg)

Lámina 12.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Louis\\_Agassiz.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Louis_Agassiz.jpg)

Lámina 13.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Elias\\_Howe\\_portrait.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Elias_Howe_portrait.jpg)

<https://diseadoresdemodadm.com/elias-howe-inventor-de-la-maquina-de-coser/>

Lámina 14.

<http://clubindalarco.blogspot.com/2016/04/entre-las-tribus-occidentales-de-norte.html>  
<https://www.pinterest.es/pin/704391197953513665/>

Lámina 15.

<https://patentimages.storage.googleapis.com/a172/4c/016170abd92cd2/US16436.pdf>

Lámina 16.

<https://www.alamy.es/foto-heroe-del-trabajo-socialista-y-disenador-general-oleg-antonov-de-la-industria-aeronautica-sovietica-ministerio-23068089.html>  
[https://es.rbth.com/cultura/lengua/2016/03/01/suenos-profeticos-de-escriitores-cientificos-y-compositores\\_572065](https://es.rbth.com/cultura/lengua/2016/03/01/suenos-profeticos-de-escriitores-cientificos-y-compositores_572065)

Lámina 17.

<http://visualmente.blogspot.com/2009/03/10-anos-de-matrix-o-descartrix.html>

Lámina 18.

<http://www.lavanguardia.com.ar/index.php/2016/12/26/a-129-anos-del-nacimiento-de-srinivasa-ramanujan/>

Lámina 19.

<https://ithinksearch.wordpress.com/2010/02/10/414-anos-de-descartes-11-de-febrero-2010/>



<https://www.elmostrador.cl/cultura/2018/11/26/que-es-y-que-no-es-el-sueno-de-rene-descartes-que-revoluciono-las-matematicas/>

Lámina 20.

[https://www.youtube.com/watch?v=uPPFdxMOl\\_s&ab\\_channel=CuriosaMente](https://www.youtube.com/watch?v=uPPFdxMOl_s&ab_channel=CuriosaMente)

Lámina 21.

[https://cadenaser.com/programa/2016/03/20/hora\\_14\\_fin\\_de\\_semana/1458473410\\_868265.html](https://cadenaser.com/programa/2016/03/20/hora_14_fin_de_semana/1458473410_868265.html)

Lámina 22.

<https://ar.pinterest.com/pin/166351779965624781/>

*\*Portada: Arriba a la izquierda imagen del sistema solar. Arriba a la derecha imagen del modelo atómico de Bohr (análogo a un sistema solar), es un modelo clásico del átomo, pero fue el primer modelo atómico que se ubica entre la mecánica clásica y la cuántica. Fue propuesto en 1913 por el físico danés Niels Bohr (1885-1962) para explicar cómo los electrones pueden tener órbitas estables alrededor del núcleo y por qué los átomos presentaban espectros de emisión característicos (dos problemas que eran ignorados en el modelo previo de Rutherford). Además el modelo de Bohr incorporaba ideas tomadas del efecto fotoeléctrico, explicado por Albert Einstein (1879-1955). Abajo a la izquierda el Ouroboros o serpiente que se come la cola y que forma un círculo con su cuerpo. El químico Friedrich August Kekulé von Stradonitz (1829-1896) soñó con largas filas de átomos moviéndose como serpientes y de pronto vio cómo una de aquellas serpientes se mordía su propia cola, el famoso símbolo de la alquimia conocido como Ouroboros. Resolviendo así, en un sueño, el misterio de la estructura del anillo del benceno tan utilizado hoy en día en química. Abajo a la derecha la estructura química del benceno: C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>.*

