

# Resumen

Las historias que pueden leerse en este libro tienen, como eje común, la concatenación universal de los fenómenos en las diferentes esferas de la realidad. En cada historia se muestra la conexión entre cada aspecto tratado y entre todas las historias ocurre exactamente lo mismo. El objetivo central es que el lector se apropie de la idea de que el mundo es integrado y que nada puede analizarse por partes aisladas, porque jamás se llegaría a la esencia del todo. Como Einstein, los autores de este libro consideran que la ciencia es parte de la unidad, y si esta se baña de humanismo, mucho mejor.



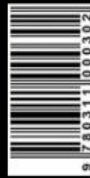
- Dr. Jorge Luis Contreras Vidal - Ing. Edgardo Remo Benvenuto Pérez - MSc. Henry Curbelo Sosa  
- Dr. Rafael Armiñana García - MSc. Daniel Iván García Vivas - Lic. Samaria Sitali Hernández Martínez  
- Dra. Lizette Adriana González Gómez - Dr. Sergio Octavio Valle Mijangos

*Historias relacionadas desde las ciencias con humanística*

# Historias relacionadas desde las ciencias con HUMANÍSTICA

## Autores

Dr. Jorge Luis Contreras Vidal  
Ing. Edgardo Remo Benvenuto Pérez  
MSc. Henry Curbelo Sosa  
Dr. Rafael Armiñana García  
MSc. Daniel Iván García Vivas  
Lic. Samaria Sitali Hernández Martínez  
Dra. Lizette Adriana González Gómez  
Dr. Sergio Octavio Valle Mijangos





Dr. Jorge Luis Contreras Vidal. Doctor en Ciencias Pedagógicas y Profesor Titular de la Universidad Central Marta Abreu, de Las Villas, Cuba. Presidente de la Comisión Nacional de la Carrera Física y presidente de la Cátedra Honorífica de las Ciencias. Se ha desempeñado como docente en varios países. Autor de diversos artículos y libros científicos.

E-mail: [jcontreras@uclv.cu](mailto:jcontreras@uclv.cu)

<https://orcid.org/0000-0003-1060-8290>

Ing. Edgardo Remo Benvenuto Pérez. Profesor jubilado de la Universidad Tecnológica Nacional, Argentina. Fue profesor de Química y Física de la referida Universidad. Autor de diferentes artículos y libros sobre química y la teoría de la omisión. Ha participado en varios eventos internacionales y ha cooperado con la Comisión Nacional de la Carrera Física en Cuba.

E-mail: [remoben@hotmail.com](mailto:remoben@hotmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-1294-571X>

MSc. Henry Curbelo Sosa. Licenciado en Educación, Física- Electrónica. Máster en Ciencias de la Educación y en Educación Superior. Doctorando en Educación. Profesor a tiempo completo en la Universidad Mundo Maya, Campus Campeche. Ha publicado diversos artículos y libros científicos. Ha participado en eventos nacionales e internacionales. México.

E-mail: [henrycurbelo@umma.com.mx](mailto:henrycurbelo@umma.com.mx)

<https://orcid.org/0000-0003-2070-2395>

Dr. Rafael Armiñana García. Doctor en Ciencias Pedagógicas. Profesor Auxiliar y profesor principal de Zoología de la Facultad de Educación Media de la Universidad Central Marta Abreu, de Las Villas, Cuba. Presidente del grupo de profesores de Zoología Felipe Poey y Aloy, de la Asociación de Pedagogos de Cuba y Latinoamérica. Representante permanente de la Comisión Nacional de Carrera Licenciatura en Educación. Biología.

E-mail: [rarminana@uclv.cu](mailto:rarminana@uclv.cu)

<https://orcid.org/0000-0003-2655-7002>

MSc. Daniel Iván García Vivas. Licenciado en Administración de Empresas, Maestro en Alta Dirección de Negocios, Doctorante en Administración. Rector del campus Campeche de la Universidad Mundo Maya. Ha publicado diversos artículos y libros científicos. Ha participado en eventos nacionales e internacionales. México.

E-mail: [danielvivas@umma.com.mx](mailto:danielvivas@umma.com.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-3239-6818>

Lic. Samaria Sitlali Hernández Martínez. Maestrante en Pedagogía, con Especialidad en Docencia. Directora general del campus Campeche de la Universidad Mundo Maya. Ha publicado diversos artículos y libros científicos. Ha participado en eventos nacionales e internacionales. México.

E-mail: [samariacitlali@umma.com.mx](mailto:samariacitlali@umma.com.mx)

<https://orcid.org/0000-0001-6063-5065>

Dra. Lizette Adriana González Gómez. Profesora de la Universidad Mundo Maya, campus Campeche, México. Actualmente realiza su doctorado en Educación. Ha publicado diversos artículos y libros científicos. Ha participado en eventos nacionales e internacionales. México.

E-mail: [lizettegonzalez444@gmail.com](mailto:lizettegonzalez444@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-4000-647X>

Dr. Sergio Octavio Valle Mijangos. Doctor en Educación de las Ciencias, Ingenierías y Tecnologías. Profesor-investigador a tiempo completo de posgrados en la Universidad Mundo Maya, campus Campeche, México. Autor de artículos, capítulos de libro y libros en didáctica de las ciencias. Ha desarrollado proyectos de investigación experimental en educación y formación de capital humano. Se ha desempeñado como directivo en instituciones educativas.

E-mail: [sergiovallem@universidadmundomaya.edu.mx](mailto:sergiovallem@universidadmundomaya.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0003-1677-5292>





## Historias relacionadas desde las ciencias con humanística

**Diseño:** Ing. Erik Marino Santos Pérez.

**Traducción:** Prof. Dr. C. Ernan Santiesteban Naranjo.

**Corrección de estilo:** Prof. Dra. C. Kenia María Velázquez Avila.

**Diagramación:** Prof. Dr. C. Ernan Santiesteban Naranjo.

**Director de Colección Ciencias Sociales:** Dr. C. Yrene Cecilia Uribe Hernández.

**Jefe de edición:** Prof. Dra. C. Kenia María Velázquez Avila.

**Dirección general:** Prof. Dr. C. Ernan Santiesteban Naranjo.

© Jorge Luis Contreras Vidal

Edgardo Remo Benvenuto Pérez

Henry Curbelo Sosa

Rafael Armiñana García

Daniel Iván García Vivas

Samaria Sitali Hernández Martínez

Lizette Adriana González Gómez

Sergio Octavio Valle Mijangos

### Sobre la presente edición:

#### Primera edición

Esta obra ha sido evaluada por pares académicos a doble ciegos

**Lectores/Pares académicos/Revisores:** 0004 & 0015

#### Editorial Tecnocientífica Americana

**Domicilio legal:** calle 613nw 15th, en Amarillo, Texas. **ZIP:** 79104

Estados Unidos de América, marzo 19, 2022

**Teléfono:** 7867769991

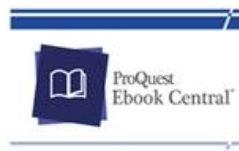
**Código BIC:** H

**Código EAN:** 9780311000302

**Código UPC:** 978031100030

**ISBN:** 978-0-3110-0030-2

La Editorial Tecnocientífica Americana se encuentra indizada, entre otras, en las siguientes bases de datos:





## Contenido

<b>Prefacio</b> .....	
<b>Preámbulo</b> .....	
<b>Capítulo 1. Realidad que suscita imaginación</b> .....	1
1.1. Asteroides, dinosaurios, <i>Homo sapiens</i> y el futuro del planeta.....	1
1.2. El poder, las órdenes y el diálogo .....	3
1.3. La bomba atómica, el avión, Hiroshima y Nagasaki .....	10
1.4. La esfericidad de la Tierra, Cristóbal Colón y el saqueo de América.....	15
1.5. El telescopio, la inquisición y el poder.....	17
1.6. La química, la electricidad y las pilas .....	19
1.7. Radiaciones electromagnéticas y la luz. Espectros. Rayos x y otros. Modelo atómico de Thomson .....	31
1.8. El método teórico, experimental y la observación. El método para defender ideas científicas .....	56
<b>Capítulo 2. Imaginación que suscita realidad</b> .....	68
2.1. Imaginación visual, metafórica y temática en la investigación científica .....	68
2.2. La imaginación, de Lorraine Daston a Gerald Holton .....	69
2.3. El papel de la imaginación para Gerald Holton .....	72
2.4. La imaginación en los genios.....	75
2.5. La imaginación visual o icónica en los genios y más allá .....	77
2.6. La imaginación metafórica.....	82
2.7. La imaginación temática .....	85
<b>Epílogo necesario</b> .....	
<b>Referencias bibliográficas</b> .....	

## **Prefacio**

El equipo de investigación internacional que conformamos mexicanos, cubanos, ecuatorianos, estadounidenses y argentinos, se lanza a otra aventura investigativa. La didáctica de las ciencias protagoniza nuevamente uno de nuestros libros, en los que pretendemos ofrecer el reporte de los resultados de investigaciones conjuntas. La unidad dentro de la diversidad es un tema abrumador, y que inexorablemente, logra crear confusión en cada aspecto de la vida, sobre todo, en el ámbito de la educación. Einstein siempre fue partidario de ver al mundo como uno solo, en sus constantes concatenaciones, donde no hay siquiera un objeto o fenómeno desligado de los demás. Los filósofos marxistas designan a este proceso de integración como el principio de concatenación universal de los fenómenos.

La idea de nuestro equipo es mostrar que en el proceso de enseñanza de las ciencias debe estar siempre presente la humanística como eje integrador, sin importar el país o la institución educativa. Escudriñar en la historia de las ciencias y analizar los planes de estudio y libros de texto fue nuestro punto de partida y nos permitió arribar a conclusiones acerca de las cuestiones que no deben faltar en el proceso de enseñanza de las ciencias. Inmediatamente surgió la idea de este libro, en el que hacemos notar en cada momento, historia por historia, como todo se encuentra interrelacionado y que, por lo tanto, así debe percibirse la realidad que objetivamente existe en la naturaleza.

A los libros de Humanística en 3P. Desde la Universidad Mundo Maya, Campus Campeche; La Teoría de la Omisión y su impacto en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física; De la didáctica de las Ciencias a la enseñanza de la Física: una necesidad impostergable; Las Ciencias Naturales desde las tareas docentes integradoras; La Humanística en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física y la Química; Cien años de imaginación: Gerald Holton como Historiador, Científico y Humanista; GENIALES ACTITUDES (+) Principio de Grandeza; Química Básica, se suma ahora este: HISTORIAS RELACIONADAS DESDE LAS CIENCIAS CON HUMANÍSTICA que es un libro donde el lector podrá acercarse a historias que, aunque en ocasiones se vislumbren inconexas, en realidad están unidas por lazos indisolubles.



Recepción: 15-01-2022

Aprobación: 14-03-2022

**Web of Science/Core Collection**

**Historias relacionadas desde las ciencias con humanística**

Jorge Luis Contreras Vidal  
Edgardo Remo Benvenuto Pérez  
Henry Curbelo Sosa  
Rafael Armiñana García  
Daniel Iván García Vivas  
Samaria Sitlali Hernández Martínez  
Lizette Adriana González Gómez  
Sergio Octavio Valle Mijangos



Como siempre, declaramos que las imágenes utilizadas son tomadas de Wikipedia. La razón de colocarlas en el texto se debe a nuestro criterio de que causan un impacto positivo a la hora de la comprensión del libro. Gracias a nuestros directivos por apoyarnos en esta labor, y muy en especial, al Maestro Daniel Iván García Vivas, rector de la Universidad Mundo Maya, Campus Campeche, México, por la ayuda incondicional que siempre nos ha brindado y nos brinda.

Los autores



Recepción: 15-01-2022

Aprobación: 14-03-2022

Web of Science/Core Collection

Historias relacionadas desde las ciencias con humanística

Jorge Luis Contreras Vidal  
Edgardo Remo Benvenuto Pérez  
Henry Curbelo Sosa  
Rafael Armiñana García  
Daniel Iván García Vivas  
Samaria Sitlali Hernández Martínez  
Lizette Adriana González Gómez  
Sergio Octavio Valle Mijangos



## Preámbulo

En este libro se pretende hacer ver y constatar que el principio de concatenación universal de los fenómenos es un hecho irrefutable e innegable. Todo está íntimamente relacionado en el Universo, nada escapa de lo integrado a lo estrictamente individual y sin conexión con nada más.

Aspectos en apariencia desconectados encuentran una unidad indestructible y los principios y categorías filosóficas de la causalidad y de la necesidad y casualidad se hacen presentes siempre, en todo momento. Al lector se le invita a leer siempre desde la mirada de la humanística que cada uno de los hechos, que aquí se relatan, encierra.

Desde los dinosaurios y el surgimiento del *Homo sapiens*, hasta el papel de la imaginación en la investigación científica, cada historia muestra la relación existente entre los diferentes procesos que en este libro se relatan.

## Capítulo 1. Realidad que suscita imaginación

En este capítulo se cuentan historias reales que han suscitado la imaginación de hombres comunes y de ciencias. Cada historia se integra con otras, y todas se concatenan entre sí independientemente del epígrafe en que se encuentren. El *Homo sapiens* es el mismo que creó el poder, la ciencia con sus métodos y herramientas tecnológicas para investigar, y también ha creado el bien y el mal en la humanidad. El poder de la Inquisición que condenó a morir en la hoguera a Juana de Arcos, a Bruno y a Galilei, es esencia el mismo que el Tercer Reich o Alemania nazi (1933-1945), que condenó a millones de personas a la muerte en una guerra expansionista y también es idéntico al poder de los españoles que colonizaron a varios países de nuestra América, liderado por Colón y exterminaron a gran parte de los indígenas que habitaban esas tierras.

El invento del telescopio vino a confirmar la esfericidad de la Tierra y que esta no era el centro del sistema solar ni estaba en reposo y, por su parte, el descubrimiento de la radioactividad trajo consigo la creación de la bomba atómica y esta, a su vez, lo sucedido en Hiroshima y Nagasaki. La radioactividad es estudiada por la ciencia química, y es a través de ella, que se llegó a inventos tales como la pila y la electricidad, pero también, a través de sus métodos científicos se ha arribado a determinar las eras geológicas por las cuales ha atravesado nuestro planeta y así se conoce entonces que es, en la Era Mesozoica, que surgieron los dinosaurios y el papel que jugaron en la naturaleza. En fin, estimado lector, si usted se lo propone, podrá seguir encontrando innumerables conexiones entre las historias aquí narradas, haciendo uso de sus conocimientos y, muy importante, de la imaginación.

### 1.1. Asteroides, dinosaurios, *Homo sapiens* y el futuro del planeta



Por increíble que parezca existe una relación muy directa entre los asteroides, los dinosaurios y el *Homo sapiens*. También una relación muy directa, entre este último y los problemas actuales por los que atraviesa la humanidad.





Puede decirse que los asteroides son cuerpos celestes formados de rocas con formas irregulares. Uno de estos asteroides, hace 65 millones de años, cayó en la península de Yucatán (México), y hoy se acepta que es la principal causa de la extinción de los dinosaurios que durante más de 170 millones de años habitaron y dominaron la Tierra. Es muy probable que la extinción de los dinosaurios y la sobrevivencia de pequeños mamíferos haya hecho posible que estos últimos evolucionaran hasta la conocida especie denominada *Homo sapiens*.

Desde su aparición hasta el día de hoy se ha producido un desarrollo científico-tecnológico que es cada vez más acelerado; por ejemplo, motores de combustión y eléctricos, medicina, teléfono, radio, TV, ADN, microelectrónica, satélites, computadoras y diferentes fuentes de energía. Los efectos planetarios del desarrollo tecnológico producido por el *Homo sapiens* unido al aumento exponencial de la población mundial, son impredecibles y desconocidos, pero muy desfavorables para el ecosistema y la biósfera terrestre cuando estos se aplican de manera desproporcionada e indiscriminada.



El *Homo sapiens* es una especie que establece una relación simbiótica con su medio ambiente, pero al mismo tiempo, también puede considerarse una especie parásita porque no usa directamente al Sol, única fuente de energía de la Tierra, al menos como lo hacen las plantas. En su relación simbiótica pudo haberse adaptado favorablemente al medio ambiente como lo han hecho las plantas y el resto de los animales; sin embargo, en muchas ocasiones, ha predominado el brutal parasitismo en varias de sus actividades, las cuales son consideradas como antinaturales, de manera que lo convierte prácticamente, en una plaga destructiva mundial de la naturaleza, pues ha provocado la deforestación, el calentamiento global, los residuos plásticos y nucleares, la contaminación y el saqueo de recursos naturales no renovables, entre otras acciones.



Sobre el futuro del planeta, y de manera premonitoria, Leonardo da Vinci escribió con antelación:



...y los ríos perderán sus aguas, y la fructuosa tierra no podrá impulsar desde sí ningún renuevo, y no crecerá sobre los campos la inclinada belleza de la espiga; y así morirán los animales, no pudiendo nutrirse con el fresco herbazal de los prados... y los hombres, tras múltiples intentos, de igual manera perderán la vida, falleciendo por fin la especie humana. Y la tierra fértil, rica en frutos, quedará convertida en un desierto (Citado por Galera, Ferrer Betancourt & Torres, 2020, p.398).

Lo escrito por Da Vinci es, lamentablemente, en cierta medida, una realidad hoy en día. En Botswana, por ejemplo, hay ríos secos e intermitentes, pocos árboles, desiertos y la hierba es tan poca que hasta se compra para sembrarla en jardines.

Por suerte, no todos los *Homo sapiens* han mantenido y mantienen las actitudes mencionadas, y son estos los que mantienen la esperanza de que un mundo mejor sea posible y que la premonición anterior no se haga totalmente realidad.

## 1.2. El poder, las órdenes y el diálogo

Puede decirse que, entre las diferentes maneras de definir el poder, la más común es aquella relativa al hecho de decidir qué es lo que hay que hacer, de ordenar sobre lo que hay que hacer y obligar a otros a cumplir lo que se supone que hay que hacer.

Se hace evidente en estos días que existen dos poderes, el poder visible y el poder oculto. Este último pertenece a una minoría privilegiada que nadie elige. La utilización de estos poderes, desgraciadamente, viene en ocasiones, o casi siempre, acompañada de manipulación donde se mezclan la mentira y el engaño y, para ello, se utilizan todos los medios posibles de comunicación masiva. Es así que se han provocado guerras injustas e innecesarias, las que han traído hambre, genocidios, esclavitud y terrorismo. También se han derribado gobiernos populares y progresistas a través de golpes de estado, y luego la implantación de gobiernos de facto y dictaduras, solo por el afán de la riqueza desmedida o por mantener el poder hegemónico.



Cuando el poder implica la manipulación, el autoritarismo, la empatía y ética cero y la inequidad, se convierte en una droga adictiva y corrompe totalmente. Un paradigma de la manipulación fue Goebbels, el ministro de propaganda de Hitler.

Un caso grosero del seguimiento de las ideas de Goebbels fue la mentira evidente de los gobiernos estadounidense y británico acerca de que en Irak había armas de destrucción masiva. Con esta excusa invadieron Irak en 2003, la dejaron en ruinas y mataron más de 1 millón de personas.

Desde el principio de la historia la forma de obtener el poder fue mediante la fuerza y/o violencia. Inicialmente, fueron guerreros, faraones, reyes, caciques, religiosos, y luego, sus descendientes continuaban en el poder. Cuando los que están en el poder estiman que están en peligro, entonces proponen diálogos y acuerdos. Hay diálogos éticos y diálogos hipócritas, son disímiles los ejemplos que se pueden mencionar. A continuación, se muestran algunos de ellos.

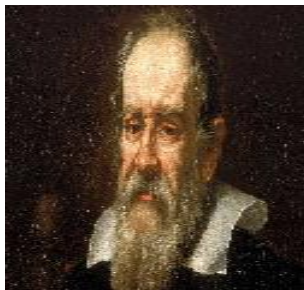


El diálogo entre Giordano Bruno y la Inquisición fue histórico. El poder lo tenía la Iglesia con su tribunal de la Inquisición, por ello al no convenirle las ideas que profesaba y promovía Bruno, lo llamaron a “dialogar” y al no poder convencerlo de que abjurara, entonces lo quemaron vivo en la hoguera.

Casi cuatro años permanece Bruno encarcelado sin interrogatorio, aparentemente con el propósito de doblegarlo y ganar tiempo para estudiar detalladamente sus obras, con miras a poder hallar en ellas lo probatorio de herejía. En total, Bruno estuvo encarcelado durante más de ocho años, mientras lo someten a interrogatorios y torturas, a la vez que, preparan un proceso donde se le incriminaría de blasfemo, de conducta inmoral y de hereje. En ningún momento Bruno se retractó de sus ideas y en consecuencia es condenado como “hereje, impenitente, contumaz y obstinado”, según unos, o por “apostasía y quebranto de sus votos monásticos” según otros. A la edad de 52 años, fue quemado en una pira levantada en la Plaza Campo dei Fiori, en Roma, el 17 de febrero del año 1600 (Alamino, 2005).



Es loable la actitud de Bruno ante la decisión de los inquisidores. El fallo del Tribunal de la Inquisición terminaba diciendo: El papa Clemente VIII, nuestro padre santísimo, dispuso y ordenó llevar a cabo esta causa, observando lo que debe ser observado, pronunciar sentencia y entregar a dicho fraile Giordano al poder secular. El 8 de febrero de 1600 el Tribunal dio lectura a la sentencia, que Bruno escuchó calmadamente y replicó: Probablemente, ustedes tienen más miedo al pronunciar la sentencia que yo al escucharla (Alamino, 2005).

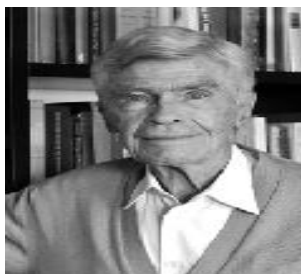


Otro ejemplo similar ocurrió con Galileo, con la diferencia de que este último sí abjuró, mediante amenazas de tortura e intimidación. Se puede mencionar, además, el diálogo entre oficiales estadounidenses y japoneses en la segunda guerra mundial que terminó con el lanzamiento de la bomba atómica en las ciudades de Hiroshima y Nagasaki. Y, constituyen un ejemplo más, los diálogos de paz realizados entre el gobierno colombiano y las guerrillas, lo que se contrapone con la matanza, que diariamente ocurre, de aquellos que depusieron las armas en un descomunal incumplimiento de lo pactado.

El poder cuando no es aplicado por personas conscientes y humanistas, en el relato de los hechos que se difunde, casi siempre se omite y se miente. Por desgracia, casi todos lo repiten y casi nadie realiza un análisis crítico y se les enfrenta.

Hoy el mundo vive la pandemia del coronavirus y todos se preocupan y corren e investigan para encontrar y aplicar los medicamentos y vacunas apropiadas; sin embargo, el hambre ha matado muchas más personas que el coronavirus, y la solución es muy simple, pero no se aplica. En muchos lugares del planeta Tierra sobra comida, y en muchos otros, falta. Con un buen ordenamiento económico global y solidaridad, se puede resolver este problema que aqueja a millones de seres humanos, pero no se hace porque parece ser parte de un negocio, a todas luces, inmoral.





Los políticos y directivos que manejan el poder a su antojo, también le hacen mucho daño a la sociedad y a la ciencia. Mario Bunge habla sobre ello en una entrevista realizada por el periodista Pampa García Molina y pone como ejemplo lo siguiente:

Los científicos no se proponen alcanzar el poder, sino conocer. Politizar la ciencia es distorsionarla... Eso sí, la ciencia y la técnica servirán para mejorar el mundo si los dirigentes y sus asesores se dan cuenta de que la política debe utilizar los resultados de la investigación. Esto es, que, en lugar de improvisar al calor de las elecciones, estudien seriamente los problemas demográficos, económicos, culturales y sanitarios de la sociedad para proponer soluciones constructivas.

Hay científicos de dos tipos: naturales y sociales. Un físico no tiene nada que decir como especialista científico acerca de la sociedad. En cambio, un politólogo, un historiador, un demógrafo, un epidemiólogo, un educador o un jurista tienen mucho que decir. En medicina social hay trabajos interesantes en los que basar políticas sanitarias, como el experimento Whitehall, un estudio en Inglaterra sobre el estado de salud de los empleados públicos, que tienen todos los mismos accesos al sistema sanitario. El primero de estos estudios, que duró 30 años, demostró que los jefes viven más y mejor que sus subordinados; en otras palabras, la subordinación enferma.

Antes se creía que el ejercicio del poder causaba úlceras, y no es así. Es al revés. La sumisión causa úlceras. El subordinado, al no participar en las decisiones sobre su propio trabajo, se siente inferior y, de hecho, lo es. Esto tiene una repercusión desfavorable sobre su salud.

Sé que ha habido recortes a la ciencia y sé de españoles que han emigrado para hacer carrera en el exterior. Me parece una desgracia porque un déficit crónico de la cultura española fue la falta de científicos. España produjo su primer gran científico a finales del siglo XIX, Ramón y Cajal. La ciencia española se puso en el mapa después de la muerte de Franco y no ha pasado mucho tiempo desde entonces (García, 2014, s/p).

Y es que la ciencia ha sido utilizada por los poderes políticos de algunos gobiernos para lanzar guerras y crear todo tipo de controversias y dudas sobre muchas cuestiones que ocurren en nuestro planeta. En ocasiones, los científicos se retractan de sus acciones y sufren por ellas, pero en otras no. A ello se refiere Albert Einstein cuando expresó:



Alfred Nobel inventó un explosivo más poderoso que ningún otro entonces conocido. Para expiar su 'logro', y aliviar su conciencia, instituyó sus premios para la promoción de la paz. Hoy los físicos que participaron en la producción de la más formidable arma de todos los tiempos están hostigados por un sentimiento similar de responsabilidad, por no decir culpa. Como científicos nunca debemos cesar de advertir contra el peligro creado por estas



armas; no podemos disminuir nuestro esfuerzo para hacer que los pueblos del mundo, especialmente sus gobiernos, se hagan conscientes del desastre innombrable que con seguridad van a provocar, a menos que cambien sus actitudes de unos hacia otros, y reconozcan su responsabilidad en el moldeo del futuro...Nuestro mundo confronta una crisis que todavía no ha sido percibida por aquellos que poseen el poder para tomar las grandes decisiones para el bien o para el mal. El desencadenado poder del átomo ha cambiado todo menos nuestros modos de pensar, y por ello estamos avanzando hacia una catástrofe sin paralelo (Lander, 1994, pp. 16 y 17).

De la pandemia, mencionada con antelación, provocada por un coronavirus que desencadena una enfermedad conocida como Covid-19, hay muchas dudas. Existen personas que no creen en ella, no utilizan los medios de protección para evitarla y hasta se niegan a vacunarse. Todo ello está aparejado a la falta de confianza en la ciencia, pero, sobre todo, en el poder político que en más de una ocasión ha fabricado mentiras, basadas en los conocimientos científicos para manipular a los seres humanos. El método de mezclar datos falsos y verdaderos es muy antiguo, especialmente cuando son muy difíciles de verificar, por ejemplo, las guerras, los Ovnis.

El Covid-19 es la excusa ideal del Poder, en estos tiempos, para decidir y ordenar. El Poder es la única fuente de información sobre esta enfermedad y los datos no se pueden verificar con facilidad. Los que están en el Poder pueden manipular la información arbitrariamente según sus propios intereses y objetivos. Este es un modo de pensar bastante generalizado. Hay que tomar en consideración que mucha cantidad y calidad de datos, en general, falsos es infodemia e infoxicación. El Poder difunde su relato, casi siempre omite y miente, casi todos lo repiten, casi nadie lo analiza.

La información sobre los test del Covid-19 es contradictoria y confusa, por ejemplo, tipos de test, desconfianza en los resultados, especificidad: si el Covid-19 es nuevo, ¿cuándo se desarrollaron los test específicos?, los test de marzo de 2019 (y ahora) ¿podían dar positivo y no ser Covid-19?, ¿existe algún test específico e infalible? Y muy importante: ¿cuántos test totales y cuántos positivos del total de test? En general, no se informan los test negativos o la cantidad de test.

Todos los días se publican datos del Covid-19 en el mundo. Los datos son ambiguos, desconfiables, se omite información. Para que los datos diarios sean comparables, por ejemplo, la cantidad y tipos de test diarios deberían ser constantes o conocidos,



explicitar método para la muestra (¿al azar?). Los datos no son siempre los mismos. El significado de los términos que no son claros, por ejemplo, casos, altas, recuperados, confirmados. ¿Los muertos son POR Covid-19 o CON Covid-19?

El destacado Doctor y filósofo de la ciencia Mauricio Abdalla y el Doctor en Ciencias Biológicas y en Bioantropología Máximo Sandín escribieron sobre Covid-19. En su escrito se puede ver toda la confusión que se ha armado, con todo propósito malsano, acerca de esta enfermedad. Con razón, el politizar, el hacer abuso del poder, solo trae desgracias en este mundo que es de todos, pero dominado solo por algunos pocos.

Cuando se utilizan intencionadamente, empleando contenidos que no siempre son del dominio de los no expertos y utilizando la autoridad de los expertos, las falacias se convierten en poderosos sofismas capaces de convencer incluso a las personas más cultas.

Uno de estos sofismas ha dominado el debate sobre el origen del nuevo coronavirus (SARS-CoV-2) que causó la pandemia de Covid-19. La cuestión ha superado los límites de un debate científico y se ha sometido a una guerra de narrativas, ideologías e intereses, con graves consecuencias en las políticas públicas de lucha contra la pandemia. Además, una cuestión delicada e importante sobre los riesgos y los límites de la investigación científica y sus relaciones con los intereses económicos, que debería estar en el orden del día, ha quedado oculta por la barrera del mismo falso dilema, como veremos.

En un contexto de guerra de relatos, disputas ideológicas e intereses económicos, la investigación sobre el origen y las causas de la mutación del coronavirus que creó el tipo causante de la peor pandemia mundial desde 1918 se ha visto envuelta en un falso dilema que ha atrapado a las personas sensatas en un laberinto intelectual, dentro del cual cada paso en busca de la salida hace el camino aún más enmarañado. En este entorno discursivo, la coherencia, la amplitud, la profundidad y la fidelidad científica de los análisis ceden ante el esfuerzo por ganar la guerra de las narrativas y preservar los intereses.

El sofisma se refuerza, por un lado, debido a los escasos conocimientos científico-naturales que poseen la mayoría de los sectores intelectualizados que no pertenecen a las ciencias naturales. En general, este conocimiento se limita al periodismo científico o a la literatura de divulgación de la ciencia, y depende totalmente del principio de autoridad, encarnado en un número limitado de científicos o en muy pocos artículos de revistas especializadas de renombre que lograron traspasar el restringido círculo de la comunidad científica para ganar protagonismo en otros medios más populares.

Por otro lado, la falta de formación filosófica y sociológica de la mayoría de los científicos naturales les impide percibir la ciencia de forma crítica, lo que le lleva a no entender (o, si lo hacen, a no revelar) las conexiones entre la producción científica -tanto en su base teórica como en su aplicación y resultados- con los poderes e intereses que conforman la sociedad. Muchos siguen creyendo en una

ciencia neutra, libre de intereses socioeconómicos, incluso con todas las críticas a los ideales científicos positivistas realizados por la filosofía y la sociología de la ciencia desde la primera mitad del siglo XX.

Estos elementos adicionales hacen que el laberinto esté lleno de carteles informativos elaborados tanto por el periodismo científico como por las revistas especializadas, distribuidos de forma aleatoria, que confunden más, que señalan realmente la salida, porque solo dan una ilusión de conocimiento del camino. Y no hay nada peor para los que están perdidos que la fe en señales incompletas o fuera de lugar. La falacia del falso dilema en torno al posible origen del nuevo coronavirus se presenta de la siguiente manera:

O bien,

A. "Es un virus fabricado intencionadamente en laboratorios secretos por científicos malévolos y desconocidos para la comunidad científica, al servicio del comunismo chino o del capitalismo global, con fines ocultos y alejados de toda actividad científica, social y empresarial conocida".

O,

B. "Se trata de un virus de origen espontáneo, resultado de un proceso plenamente natural, que solo se explica por las leyes que regulan la naturaleza".

Dada la premisa disyuntiva, se acepta A negando B (y viceversa); o se niega A aceptando B (y viceversa). Y aquí está el origen de todos los obstáculos para un debate fructífero y desarmado sobre el tema.

El irracionalismo de la nueva ultraderecha global, representada por importantes personajes públicos como el presidente estadounidense Donald Trump o su paje brasileño Jair Bolsonaro, ha hecho que se extienda la primera hipótesis (A), popularizando la idea de un virus creado por el "comunismo chino" para derrocar a los líderes de la ultraderecha e imponer una dictadura comunista global. Esta ha sido la teoría conspirativa con mayor alcance y relevancia en la opinión pública, ya que es propagada por los dos presidentes mencionados, sus partidarios y sus redes digitales para manipular las opiniones a través de las *fake news*.

Aunque en menor número y con casi nula importancia en la formación de la opinión pública, los que piensan que el nuevo coronavirus es una creación totalmente planificada en algún oscuro y secreto laboratorio de investigación militar o de empresas de un submundo desconocido para ser utilizado como arma estratégica de los capitalistas en algún objetivo planificado también se encuentran entre los que se sitúan a la izquierda en el espectro político.

Sigue siendo obvio que la aceptación de estas ideas implica la negación de la alternativa B. (Abdalla y Sandín, 2020, s/p).

En fin, que el poder visible y el poder oculto no está empeñado en el bien de la mayoría, todo lo contrario, se empeña en hacer más ricos a unos y mucho más pobres a los demás. No importan las consecuencias, solo importa el capital.





Hoy, 14 de marzo de 2022, casi no se habla del Covid-19 porque hay una nueva ola de noticias acerca de la guerra entre Rusia y Ucrania. El poder vuelve a imponerse con sus garras, no importa quién tiene la razón o no, los pueblos sufren, los seres humanos mueren y los poderosos siguen vivos y haciendo la historia.

Hay guerras justas e injustas, por ello, como dijo Freud: "... no es posible condenar todas las clases de guerra por igual; mientras existan reinos y naciones dispuestos a la aniquilación despiadada de otros, estos tienen que estar armados para la guerra..." (Revista Correo, 1985). Pero, con tanta manipulación, quién tiene la razón, quién está llevando una guerra justa ¿Rusia o Ucrania?

### 1.3. La bomba atómica, el avión, Hiroshima y Nagasaki



En 1895, Henri Becquerel descubrió que algunos cuerpos emiten espontáneamente radiaciones de elevada energía. El fenómeno fue estudiado profundamente desde 1896 por Pierre Curie y Marie Curie. Ellos descubrieron que el origen de las radiaciones era un elemento químico desconocido, lo llamaron polonio.

También descubrieron otro elemento químico radiactivo, el radio. Al fenómeno lo llamaron radiactividad.



Desde 1900, Ernest Rutherford estudió las radiaciones y descubrió que, según el caso, hay tres tipos de radiaciones: rayos alfa, haz de partículas con carga eléctrica positiva (+) relativamente pesadas; rayos beta, haz de partículas con carga eléctrica negativa (-) y livianas; rayos gamma, radiaciones electromagnéticas no visibles de elevada energía.

Después de 1930 se realizan experimentos para introducir neutrones a núcleos de distintos elementos químicos, Irene Joliot Curie (1897-1956), hija de Pierre y Marie Curie, y Jean Frédéric Joliot (1900-1958) producen núcleos radiactivos artificiales, radiactividad artificial.



Otto Hahn y Lise Meitner agregaron neutrones al núcleo del uranio, el último elemento químico natural. Lise Meitner y Otto Frish, en 1939, propusieron que el núcleo de uranio U se había dividido al agregar neutrones, y a ello se le conoce como fisión nuclear.

Pero, ¿la radioactividad y la fisión nuclear son descubrimientos favorables o desfavorables para el desarrollo de la humanidad? La respuesta a esta pregunta la da la propia historia de la ciencia.



Marie Curie, su esposo Pierre, y Becquerel, obtuvieron el Premio Nobel de Física por sus trabajos sobre la radioactividad. En 1905, los esposos Curie tuvieron que pronunciar su discurso que era preceptivo en la entrega del premio. Dicho discurso lo preparó Pierre, pero las ideas reflejadas eran de los dos.

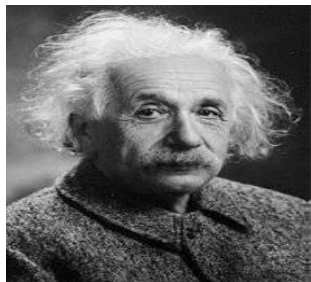
Se puede imaginar que en manos criminales el radio pueda hacerse muy peligroso, y en este punto nos podemos preguntar si la humanidad extrae ventajas conociendo los secretos de la naturaleza, si está madura para beneficiarse o si este conocimiento no le resultará perjudicial. El ejemplo de los descubrimientos de Nobel es característico: los poderosos explosivos han permitido a los hombres llevar a cabo trabajos admirables. También son un medio terrible de destrucción en las manos de grandes criminales que arrastran a los pueblos a la guerra. Yo soy de los que piensan con Nobel que la humanidad extraerá más bien que mal de los nuevos descubrimientos (Acosta, 2008, pp. 41-42).

Algo muy similar, escribió su entrañable amigo, quien la apoyó en momentos bien difíciles de su vida, Einstein: “El descubrimiento de la reacción nuclear en cadena representa para la humanidad un peligro no mayor que la invención de los fósforos, lo que hay que hacer es eliminar la posibilidad de abusar del poder que representa” (Citado por Kuznetzov, 1990, p. 250).

Hay que notar cómo Einstein y los esposos Curie consideraban la importancia de estos descubrimientos y el bien que les podía traer a la humanidad, pero, por desgracia, no se eliminó ni se ha eliminado la posibilidad de abusar del poder que representa. El error humano siempre presente ha conllevado a desastres de magnitudes colosales, causando muchas pérdidas de vidas.

El siguiente ejemplo representa lo anteriormente planteado. Alrededor de los años en que fue descubierta la fisión nuclear, en los EEUU se encontraban trabajando un gran número de científicos europeos exiliados desde la Alemania nazi. Uno era Leo Szilard

que en 1934 patenta la idea de la reacción nuclear en cadena y, cuando conoce, en 1939, los resultados del experimento de Hahn y Meitner, cree que la construcción de una bomba nuclear de gran poder es posible.



Alarmado porque supone que la Alemania nazi estaba investigando, visita a Albert Einstein y le propone enviar una carta al presidente Roosevelt de los EEUU para que se ocupara de construir la bomba antes que Alemania. La carta llegó a Roosevelt cuando la guerra ya había empezado en Europa, pues Alemania invadió a Polonia el 1 de setiembre de 1939. Es en 1940, cuando los EEUU iniciaron las investigaciones de la fisión del Uranio, y en 1942, se inicia el Proyecto Manhattan para construir la referida bomba.

Debe aclararse que la energía nuclear de fisión es una fuente de energía de importancia, pero también es muy peligrosa si el error humano termina por prevalecer o el poder imperial se impone para lograr a la fuerza desmedida lo que se propone. Ejemplos de esto son los desastres ocurridos en las centrales nucleares de Chernóbil en 1986 y Fukushima en el 2011 o el exterminio humano ocurrido en las ciudades de Hiroshima y Nagasaki cuando sobre ellas fueron lanzadas las bombas atómicas.

De acuerdo con los conocimientos científicos en 1939, respecto a la reacción nuclear de fisión en cadena, se estimaba que por el peso que debía tener la bomba y también su tamaño, no existía un avión que pudiera llevarla hasta el blanco. En 1940, se inicia el desarrollo del súper avión bombardero B 29. En 1942, vuela el primer prototipo B 29, y en 1944, entra en la guerra, un año antes que explote la primera bomba nuclear. ¡Qué casualidad, la bomba y el avión que podía llevarla se fabricaron casi al mismo tiempo! ¿Será casualidad o causalidad?

La bomba lanzada el 6 de agosto de 1945 sobre Hiroshima por el B 29 “Enola Gay” fue llamada Little Boy. Explotó sobre Hiroshima a las 8:15 de la mañana, murieron instantáneamente más de 70.000 civiles, los efectos biológicos posteriores son incalculables y desconocidos. El capitán Robert Lewis, copiloto del bombardero, en su diario, según el periódico digital El Comercio, escribió:

Estoy seguro de que toda la tripulación sintió que esta experiencia era más de lo que ningún ser humano creyó nunca posible. Simplemente parece imposible de comprender. ¿Cuántos 'japos' acabamos de matar? Cuando Lewis vio el gigantesco hongo tras la explosión fue cuando exclamó: “Honestamente, tengo el sentimiento de estar buscando a tientas las palabras para explicar esto... Dios, ¿qué hemos hecho?”. Pero ya el mal ya estaba consumado (Diario El Comercio, 2021).

Sin embargo, en una crónica del periódico digital El Mundo, Gordon Thomas, autor del libro *Enola Gay: Mission to Hiroshima*, quien también obtuvo un Premio Emmy por su documental rodado al efecto para la BBC, escribió acerca de lo que realmente plasmó Lewis en su diario y dice, según su testimonio:

...un punto de luz purpúrea se expande hasta convertirse en una enorme y cegadora bola de fuego. La temperatura del núcleo es de 50 millones de grados. A bordo del avión, nadie dice nada. Casi podía saborear el fulgor de la explosión, tenía el sabor del plomo. La cabina de vuelo se iluminó con una extraña luz. Era como asomarse al infierno. A continuación, llegó la onda de choque, una masa de aire tan comprimida que parecía sólido. Cuando la onda de choque alcanzó el avión, Tibbets y yo nos aferramos a los mandos. El Viejo toro nos llevó a la máxima altura. El hongo alcanza una milla de altura y su base es un caldero burbujeante, un hervidero de llamas. La ciudad debe de estar debajo de eso. Dios mío, ¿Qué hemos hecho? Años después, Lewis me confesaría que en realidad sus primeras palabras fueron: ¡Guau, menudo pepinazo!

Cuando el Enola Gay regresó a la base y Tibbets leyó lo que su copiloto había escrito, el Viejo Toro le dijo que lo cambiara por algo más apropiado, y acto seguido entregó las píldoras de cianuro al oficial médico en tierra. Cuando la tripulación regresó a EEUU, no fue como héroes, fueron criticados e incluso amenazados de muerte. Lewis tiró su caja de condones por el váter y con el dinero de la venta de su diario pagó el mármol con el que comenzó a esculpir temas religiosos. Su escultura más célebre es una nube de hongo: El viento divino sobre Hiroshima. Para Lewis la bomba «solo fue otro trabajo más. Hicimos de este mundo un lugar más seguro. Desde entonces nadie ha osado lanzar otra bomba atómica. Desearía ser recordado como el hombre que contribuyó a hacerlo posible (Thomas, 2004).

¿Cómo se puede escribir en un diario ¡Guau, menudo pepinazo! y luego cambiarlo por Dios, ¿qué hemos hecho? y terminar diciendo que “Desearía ser recordado como el hombre que contribuyó a hacerlo posible”? Cometer el crimen más abominable de la historia y sentirse orgulloso de ello es sencillamente, la vergüenza más gigante que pueda vivirse para la raza humana.

Y es que ninguno de los que participaron en el lanzamiento de las bombas atómicas sobre Hiroshima y Nagasaki sintió jamás remordimiento por lo que hizo. A los lectores se le recomienda que lean el escrito titulado *El destino de los pilotos que lanzaron la*





*bomba sobre Hiroshima: de no sentir remordimiento a la locura y la muerte solitaria*, escrito por Matías Bauso el 4 de agosto de 2020 y que puede ser encontrado en el sitio <https://www.infobae.com/historias/2020/08/04/el-destino-de-los-pilotos-que-lanzaron-la-bomba-sobre-hiroshima-de-no-sentir-remordimiento-a-la-locura-y-la-muerte-solitaria/>.

Ahora bien, la bomba lanzada el 9 de agosto de 1945 sobre Nagasaki, por el B 29 Bockstar fue llamada Fat Man y explotó sobre Nagasaki a las 11:02 de la mañana. Murieron instantáneamente más de 50.000 civiles, son incalculables y desconocidos los efectos posteriores. Dos bombas, dos bombarderos, un grupo de hombres siguiendo órdenes y, a la vez, exterminando a sus congéneres sin luego sentir culpa ni cargos de conciencia. Es horrible pensar que estos hechos sucedieron y que la vida siga su curso.

No se debe omitir que los efectos de las únicas dos bombas nucleares de fisión usadas contra humanos lanzadas por los Estados Unidos en 1945 sobre las ciudades de Hiroshima y Nagasaki son prácticamente eternos y desconocidos. La foto que se muestra es la de Sumiteru Taniguchi, quien sobrevivió al ataque contra Nagasaki, tomada en enero de 1946. Nada puede justificar un crimen como este.



Es inconcebible y denigrante para la especie humana que algunos individuos con poder de decisión ordenaron usar esta tecnología en contra de sus semejantes. Por supuesto, hay muchas y variadas tecnologías destructivas, pero la nuclear es quizás la peor de todas.

Después de lanzadas las bombas atómicas y de que la humanidad supiese de los desastres causados, a Einstein le parecía terrible el hecho de que fueran destruidas las dos ciudades japonesas con todas las víctimas mortales que causó esa brutal acción, y que muchas personas en los Estados Unidos no la asociasen con los ideales morales y los valores culturales acumulados durante los miles y miles de años transcurridos desde la aparición del *Homo sapiens* en el planeta. Esta pérdida de memoria le parecía a Einstein la mayor amenaza para la civilización. Al respecto escribió: “Leí en la revista *New Yorker* un reportaje impactante acerca de Hiroshima. Pedí por teléfono cien ejemplares de la revista y se los repartía a mis estudiantes. Uno de ellos, al darme las

gracias, dijo extasiado: ¡La bomba es milagrosa” ...Por supuesto que hay otros. Pero todo esto es muy duro... (Citado por Kuznetzov, 1990, p. 251).

Las palabras de Einstein no necesitan comentarios, y lo peor de todo, es que las potencias imperiales siguen actuando de la misma manera y sus pueblos lo siguen permitiendo en su gran mayoría. Si el despertar no llega a tiempo, se corre el peligro de seguir soñando bajo la más tortuosa pesadilla.

Hoy, se vuelve a enfatizar, la guerra entre Rusia y Ucrania, pone al mundo en los albores de la tercera guerra mundial. Si esto ocurriera los seres humanos van a desaparecer. ¡Qué lástima, tanta inteligencia convertida en cenizas!

#### 1.4. La esfericidad de la Tierra, Cristóbal Colón y el saqueo de América

La historia del conocimiento de la forma y tamaño de la Tierra se inicia hace más de 2000 años. El griego Eratóstenes de Cirene, hace aproximadamente 2250 años, supone que la Tierra es esférica y que los rayos de la luz del Sol son paralelos, para ello, mide su circunferencia o perímetro con un método sencillamente genial.

Después, Posidonio de Apanea que conocía la medición de Eratóstenes, midió la circunferencia por otro método, considerado mejor que el de Eratóstenes de Cirene, y luego, el griego Ptolomeo adoptó este valor.



En la época (siglo XV) de Cristóbal Colón, se realizaban expediciones por mar, por ejemplo, los portugueses navegaron por las costas de África, los españoles a las Islas Canarias. En esos años era difícil obtener los productos del Oriente viajando por tierra hacia el Este. Por esa razón, Colón propuso llegar a la India navegando hacia el Oeste, aceptando que la Tierra es esférica y asumiendo el tamaño planteado por Posidonio.

No es posible conocer los datos que tenía Colón para planificar la ruta, pero eligió viajar por el paralelo 28 N, la latitud de Nueva Delhi, capital de la India, ¿casualidad? El 3 de agosto de 1492, Colón partió del puerto de Palos (España) con 3 naves: la Santa María, la Pinta y la Niña. El 20 de septiembre descubre el mar de los Sargazos y el 12 de



octubre Rodrigo de Triana, tripulante de la Pinta, divisa tierra, actualmente las islas Bahamas.

Colón encontró un continente desconocido, con aborígenes, riquezas conocidas y desconocidas, organizaciones sociales y conocimientos avanzados. Los aborígenes, por su parte, no desconfiaron de los extraños, así que no se defendieron y fueron exterminados.



Se dice que Colón murió en 1506 creyendo que había llegado a la India y llamo “indios” a los aborígenes. En el año 1500, el italiano Amerigo Vespucci llamado en España Américo Vespucio, formulaba que Colón no había llegado a la India sino a un Nuevo Mundo que luego se llamó América.

Es importante analizar los efectos de la llegada de Colón y los europeos a América. Cuando llegó Colón había varias culturas y organizaciones sociales con desarrollos avanzados y siglos de existencia, por ejemplo, los mayas y aztecas en México, los incas en Perú.

Desde la llegada de los españoles y portugueses católicos, los ingleses anglicanos, todos se dedicaron a esclavizar, asesinar, exterminar, saquear y destruir todas las culturas de los habitantes de América Precolombinos. Imaginemos entonces qué sucedería si algún extraterrestre encontrara, por casualidad, a la Tierra. Quizás no se repita la historia del encuentro de América por los europeos, porque es altamente improbable que cualquier otra especie sea igual o peor que los conquistadores terrestres. De lo anterior puede resumirse que:

Colón descubrió América, pero no a los americanos. Su percepción etnocéntrica del Otro, proveniente de la convicción de superioridad que el europeo tenía, aniquiló toda intención de conocimiento etnográfico real del Otro (aunque no de su invención), y sentó las bases para la justificación del esclavismo y de la asimilación de los indígenas. Para Colón los nativos no eran más que parte del paisaje natural del Nuevo Mundo, seres raros tales como pájaros, plantas, animales diversos que no tienen derechos ni voluntad, y que constituyen especímenes dignos de cualquier colección para ser mostrada en Europa. De estos nativos no hay nada que aprender, ni su lengua, ni sus costumbres, mucho menos las diferencias que (además, imperceptibles) tienen entre sí. Así, para Colón no hacía falta conocer a los indígenas; era suficiente con *inventarlos* desde la perspectiva de sus

preconcepciones religiosas o novelísticas, como nobles salvajes, como los mejores seres en el mundo, o como los más crueles, hostiles y cobardes, cuya esclavitud se justificaba por sus criminales prácticas caníbales. Por eso había que transformarlos, que assimilarlos. De hecho, como para Colón lo diferente era sinónimo de ausencia, en el Nuevo Mundo no existía nada, sino que todo estaba por fundar: nuevos nombres, nuevas creencias religiosas, nuevas costumbres. Y esa es precisamente la misión que Colón descubre para sí: la asimilación de los indígenas (después de todo, el intercambio de oro por religión era justo desde su perspectiva) y la edificación del Otro sobre los cimientos de sus preconcepciones (Garduño, 2010, p. 184).

Nada, que los pueblos saqueados por los españoles hace siglos atrás, todavía están esperando la disculpa y el reconocimiento de los errores cometidos por ellos. Pero el ego de los que un día fueron imperio es más grande que todos los indígenas que murieron por su culpa. Al final el poder sigue siendo la peor de las pandemias.

### 1.5. El telescopio, la inquisición y el poder



Desde hace miles de años algunos individuos curiosos de la especie *Homo sapiens* han observado el cielo con extrañeza, especialmente, el espectáculo del cielo nocturno, el Sol y la Luna. Es 1609 cuando Galileo Galilei observó por primera vez el cielo con un telescopio, hasta entonces todo el conocimiento del Universo se había realizado por observación a simple vista.

Al mirar el cielo con un telescopio, Galileo observó los cráteres de la Luna, los movimientos de los cuatro satélites más grandes de Júpiter, llamados galileanos: Ío, Europa, Ganimedes y Calisto. Observó, además, las manchas solares y las fases de Venus. Posteriormente, publicó sus descubrimientos y se adhirió al modelo heliocéntrico de Copérnico.

El gran problema de Galileo, al defender el heliocentrismo de Copérnico, era que existían las Inquisiciones. Las Inquisiciones son organismos religiosos que se ocuparon de prohibir y reprimir cualquier actividad, declaración, escritos, entre otros, que se consideraran herejías; es decir, contrarias a las escrituras religiosas. Y resulta ser que considerar al Sol como centro del Universo y a la Tierra trasladándose alrededor de este, no conjugaba con las ideas que aparecían en la Biblia, según asumían los dignatarios de la Iglesia, en aquellos momentos.



La primera Inquisición fue creada en 1184 en Francia, luego en 1478 se crea la Inquisición española que continuó oficialmente hasta 1834. Desde ese tiempo hubo una ola de represión y censura religiosa, aunque, de cierta manera, aún continúa.

Son muchos los ejemplos de cómo actuaba la Inquisición con los acusados de herejía. En 1431, en Francia, fue quemada viva Juana de Arco. En 1600, en Roma, Italia, fue quemado vivo Giordano Bruno. Casi esta misma suerte estuvo a punto de tenerla Galileo, quien después de la publicación de sus Diálogos acerca de los dos grandes sistemas del mundo, el ptolemaico y el copernicano, se decidió por el segundo, y fue atacado por la Inquisición de una manera brutal.

Por sus descubrimientos y su forma de defenderlos, Galileo, viejo y enfermo, fue llamado a Roma y confinado durante unos meses. De los expedientes parcialmente aún secretos sabemos que fue juzgado (en ausencia), amenazado con tortura, inducido a juramento de que renunciaba formalmente a la teoría de Copérnico y, finalmente, sentenciado a confinamiento perpetuo. Ninguno de sus amigos en Italia osó defender públicamente a Galileo. Su libro fue incluido en el Índice (donde permaneció junto al de Copérnico y otro de Kepler hasta 1835). En resumen...Galileo constituye un ejemplo para todos los hombres de que la demanda de obediencia espiritual e ideológica lleva consigo la obediencia intelectual y que no hay ciencia libre donde no hay libertad de conciencia. Su famosa abjuración, mandada leer desde los púlpitos en toda Italia y hecha pública como aviso, tiene un aspecto vergonzoso (Holton, 1989, p. 10).

En 1632, Galileo fue convocado a Roma por la Inquisición. Pese a estar enfermo, en diciembre de 1632 fue obligado a acudir voluntariamente o por la fuerza. En abril de 1633 se inicia el “juicio”, en el cual Galileo debe defender lo publicado en sus libros, pero se le exige que se retracte y afirme que su modelo es una hipótesis matemática. Para condenarlo se le amenaza con la tortura si no confiesa. Luego de la confesión, en junio, es condenado a confinamiento perpetuo y a abjurar públicamente de sus ideas. Galileo lo hace inmediatamente y se cambia la prisión por perpetua en una casa. Desde esta casa, escribió a un amigo:

Yo arrastro mi cadena, confinado al estrecho espacio de una granja, pero este estrecho espacio no embota ni encadena mi inteligencia, gracias a la cual tengo pensamientos libres y dignos de un hombre; y soporto con serenidad esta desierta estrechez del campo que me encierra como si ello debiera serme útil. Puesto que, efectivamente, la muerte se aproxima a mi vejez ya en ocaso, he de afrontarla más valerosamente si las pocas hectáreas de mi granja me van habituando a las tres brazas de la tumba; no han de amortajarse aquí al mismo tiempo mi cuerpo y mi nombre (Altshuler, 1966, p. 9).



A lo que agrega en una carta:

...de hoy en adelante el cielo, el mundo y el universo, que con mis milagrosas observaciones y claras demostraciones había ampliado cientos y miles de veces, más que lo comúnmente creído por los sabios de los siglos pasados, se reducen para mí al estrecho espacio en que estoy viviendo. Así lo quiso Dios y así ha de placermé a mí (Papp, s/f, p. 65).

Hay que aclarar que las Inquisiciones siempre han sido, medios para conservar el poder y los privilegios de los sistemas religiosos y adjuntos. Su temor está en que cuando aparecen serios cuestionamientos a sus creencias y escritos (Galileo es un caso muy importante), las personas que constituyen la base de su poder pueden dejar de seguir sus órdenes, y, por ende, perderán el poder y sus privilegios. Por lo tanto, el juicio y condena a Galileo y a Giordano Bruno son hechos públicos e históricos para mostrar a todos que las personas con poder usan cualquier forma para conservarlo, sin importar los medios, ni las evidencias o las faltas de ellas.

En fin, que de todos los males que ha sufrido la humanidad solo unos pocos han sido provocados por la madre naturaleza, como son los terremotos, las erupciones volcánicas y los huracanes. Estos “males” no son conscientes, forman parte del propio proceso evolutivo de la naturaleza y son inevitables. Sin embargo, las guerras, el hambre, la pobreza, la desnutrición, los feminicidios, los homicidios, las drogadicciones, la tala indiscriminada de árboles, la emisión de gases perjudiciales a la atmósfera, entre otros tantos fenómenos que afectan a la naturaleza y a la población mundial en su totalidad, son causados de manera consciente, son evitables, y son producto del actuar del *Homo sapiens* al que hoy se les llama ser humano.

Solo la puesta en práctica del humanismo en cada una de sus aristas y a escala internacional puede salvar al planeta Tierra de la extinción y, por ende, de todos los seres humanos que la habitan. Hay que luchar porque un mundo mejor sea posible.

### **1.6. La química, la electricidad y las pilas**

La química es una de las ciencias que más ha influenciado de manera significativa en el estudio, comprensión y descripción de los fenómenos de la naturaleza, a través de conceptualizaciones y enunciación de principios, leyes, teorías y modelos. Se integra de

forma activa a todos los procesos de la realidad, los cuales abarcan los procesos biológicos, físicos, sociales, así como aquellos involucrados en la vida cotidiana, entre otros.

La química es una ciencia teórica y experimental y busca que cada hecho pueda ser verificable mediante los experimentos y que mediante la teoría se pueda realizar predicciones futuras. En tal sentido, la química, se puede considerar, desde sus inicios hasta hoy en día, como una ciencia esencial porque su campo teórico y experimental penetra en todas las esferas del conocimiento humano.

A la “palabra griega *chemia* (o también según las transcripciones *chemeia* o *chymia*) ... se le puede atribuir ser el antecedente más probable de nuestra palabra <química>. Ese término estaba relacionado con la metalurgia y significaba fusión o colada de un metal, si bien no fue empleado hasta aproximadamente el año 300 d. C. Por esta razón, los escritores del mundo clásico, griegos o romanos, no utilizaron esa palabra; aunque se refiriesen a la química, no tenían una palabra especial para nombrarla. La primera vez que aparece la palabra *chemia* es en ciertos textos de alquimia de Zósimo...Este hace referencia a dicha palabra cuando habla del arte sagrado realizado en el templo de Menfis dedicado a Phta, dios egipcio del fuego y del trabajo de los metales” (Esteban, 2002, p.23).

Este arte sagrado no era otra cosa que alquimia. Sin embargo, el origen de ese término griego no está tampoco muy claro. Para algunos historiadores podría derivar de la palabra *copta khem* o *chamé*, que significaba <negro> y se asociaba a la tierra negra de Egipto, en el valle del Nilo, tierra que era utilizada en la Antigüedad en procesos metalúrgicos, en tintes y en farmacia. Incluso a Egipto se le llamó en ciertos momentos *Chemia* y *Chamia* (país de Cham o país de esta <tierra negra>). Otros le atribuyen un origen chino, bien de la palabra *kim-iyá*, que significaba <jugo que produce oro>, o bien de *chin*, término relacionado con el proceso de la transmutación. En definitiva, en ambos casos estaba relacionada con el arte de fabricar oro, y desde China se podría haber extendido hasta los griegos para después ser recibida por los árabes. Estos últimos antepusieron su artículo <al> a ese término, resultando al *Kimiya* o *alkymia*. De aquí proviene la palabra <alquimia>, con la cual se hizo referencia al hacer químico de los siglos IV al XVI, manteniendo esa idea de <arte sagrado>. Ya en el siglo XVI se latinizó esa palabra y empezó a aparecer en los textos de química —o más bien de alquimia— de la época sin el prefijo *al-*. Así, en los escritos de Paracelso, <Agrícola o Libavius> cada vez son más frecuentes los términos *chymia*, *chymista*, *chymicus*..., de los que derivan las palabras *chimie*, *chimica*, *chemistry*, *chemie* o química en diferentes idiomas. La palabra alquimia, por su parte, se fue relegando poco a poco para designar las prácticas de carácter esotérico (Esteban, 2002, p.23).

Dentro de los químicos más destacados se encuentran, Paracelso (1493-1541), Robert Boyle (1627-1691), A. L. Lavoisier (1743-1794), John Dalton (1766-1844), A. Avogadro

(1776-1856), August F. Kekulé (1829-1896), Alfred B. Nobel (1833-1896), D, Mendeleiev (1834-1907), Marie Curie (1867-1934), E. Rutherford (1871-1937), Linus Pauling (1901-1994), entre otros.

La química es una de las ciencias más jóvenes. Las Matemáticas, la Física y la Astronomía, tienen una historia que se remonta a miles de años, de la que dan, aún hoy, testimonio vivo, los nombres conocidos de Tales, Pitágoras, Euclides, Arquímedes, Aristarco, Ptolomeo... Los esfuerzos encaminados a la química, han vagado durante largo tiempo entre errores y extravíos. Mientras que otras ciencias como Medicina y Derecho; desde un principio tuvieron ante los ojos perfectamente claros sus objetivos, por muy variados que hayan podido ser en el curso de los siglos los caminos que habían de llevar a sus fines, en cambio los intentos que paulatinamente desarrollaron la química durante siglos carecieron de plan y objetivo, o sirvieron para otros fines.

Se tardó en conocer lo que sería la labor propia de la química, esto es, la investigación de las propiedades de las sustancias y de sus transformaciones recíprocas. A este punto no se llegó hasta el siglo XVII, época en que surgió la química propiamente dicha como ciencia autónoma, y a partir de la cual puede reivindicar su propia historia. Más que en otras ciencias, se refleja en la prehistoria y en la historia de la química el cuadro general de la historia de la cultura. La confusión que se manifiesta en la historia del desarrollo del ser humano se manifiesta repetidamente en este campo, y para su comprensión es necesario ahondar en el modo en que se pudo llegar a las ideas que, para las concepciones actuales, son extrañas e incomprensibles.

Es necesario observar cómo en el camino del conocimiento, después de múltiples encrucijadas y desviaciones, se convierte finalmente en la gran arteria principal de una ciencia auténtica. La ciencia da cuerpo en cada etapa al conocimiento que en ella se tiene de los hechos presentados por la naturaleza, y por ello, su estado varía a medidas que progresa el conocimiento; debido a esto, el investigador de la naturaleza ha de saber que el estado en que se encuentra su ciencia en su época no es permanente, que todo se halla en fluencia, que el hoy es solo un puente entre el ayer y el mañana. Todas estas consideraciones son aplicadas a la química, teniendo la misma además, el privilegio de que con su desarrollo, promueve directamente el desarrollo industrial, ya que toda su actividad de búsqueda está dada por las exigencias económico-sociales de la época, por lo que, al señalar en la historia se observan, los distintos tipos de sociedad caracterizados por sus formaciones socioeconómicas que la química como toda ciencia, tiene un determinado nivel, lo que ha apoyado el desarrollo del modo de producción específico de la época.

La historia de la sociedad es la historia del desarrollo y la sucesión de formaciones socioeconómicas, y el desarrollo de la química en cada una de ellas ha tenido sus peculiaridades, habiendo desempeñado la misma un papel no poco importante en cada una de estas formaciones. (Mulet y Hing, 2008, pp.15-16).

Los orígenes más inmediatos de la química y de su historia habría que buscarlos más bien en el desarrollo y evolución de la alquimia. Pero es necesario ir aún más lejos, retroceder en el tiempo, hasta lo que puede llamarse química práctica de la



Antigüedad, bastante rica desde un punto de vista técnico pero desprovisto de un cuerpo teórico que la sustentara. Además, hay que contar con una contribución importante por parte de la filosofía natural y a veces, incluso, de la ontología o ciencia del ser, puesto que se trata en definitiva del estudio del ser en cuanto a su relación con el mundo en el que está inmerso. Y por supuesto, con las aportaciones importantísimas de la física, con personajes tales como Descartes (1596-1650) o Bacon (1561-1626) que, con sus ideas y su metodología, ayudaron a que éstas fueran incorporadas en el terreno de la química.

Comenzando desde la Prehistoria, pasando por la Antigüedad y por la alquimia medieval, tras un lento desarrollo se alcanza el siglo XVII, en el que con Boyle se introduce ya plenamente el razonamiento en la interpretación de los fenómenos químicos, proceso que culminará en la figura de Lavoisier. Éste protagonizará — aunque con ciertas reservas— el momento de la revolución química. Boyle, por su parte, sería el primer personaje fundamental con el que se inicia esa etapa de transición inmediatamente anterior a la de la revolución química, que podría llamarse <química pre científica>. En cualquier caso, toda la química anterior a Lavoisier está íntimamente ligada muchas veces a la historia de la farmacopea, de la medicina e, incluso, de la biología. Por tanto, es necesario integrar todos esos estudios junto con los de filosofía, alquimia y química práctica. El estudio íntegro de la química se caracteriza, pues, por su marcadísima interdisciplinaridad, hecho que se sigue produciendo como una constante mucho después, a lo largo también del siglo XVIII e, incluso, del XIX, y al contrario de la química de nuestros días, en la que existe una marcada especialización.

La química alcanza su carácter científico mucho después que otras disciplinas, como la física, la astronomía o la fisiología. Éstas fueron gestando su <revolución científica> durante los siglos XVI y XVII para culminar en este último con personajes como Galileo, Copérnico, Kepler, Descartes, Bacon, Newton o Harvey, protagonistas de ese cambio. Sin embargo, en química se produjo con un retraso de más de cien años respecto a la de estas otras ciencias. La causa de ello muy probablemente se deba a la falta de un lenguaje químico común y sistematizado, a la carencia de una clasificación racional y de un criterio de la pureza de las sustancias y, sobre todo, a la gran complejidad de los fenómenos químicos, de sus técnicas y de sus instrumentos. Todo ello impidió que se estableciesen generalizaciones y que sus procesos se sistematizaran, por lo cual tampoco era posible formular una teoría que los justificase racionalmente. (Esteban, 2002, pp. 20-22).

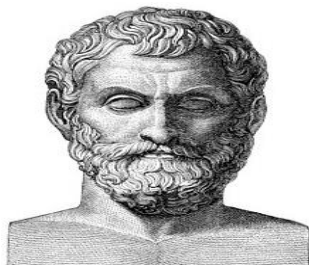
El concepto fundamental para la química es sustancia: tipo o clase de materia que se identifica por propiedades intensivas macroscópicas o microscópicas. Los elementos químicos (sustancias que no se pueden descomponer en otras sustancias: sustancias simples) fueron propuestos por Boyle (1621-1691). En 1661, publica El químico escéptico que refuta a Aristóteles. En 1785, Lavoisier (1745-1794) enuncia la ley de conservación de la masa (correctamente: ley de conservación de los átomos no radiactivos). A principios del 1800, se enuncian las leyes gravimétricas, fundamentales





para la química clásica, Dalton propone la existencia de los átomos y Avogadro el de las moléculas. En 1869, Mendeleiev (1834-1907) publica la Tabla Periódica de los Elementos Químicos. En 1898, se descubre la radiactividad, y en 1913, el núcleo del átomo. En los fenómenos químicos hay cambios en las sustancias, y actualmente, se clasifican en clásicos (electrónicos) o no clásicos (nucleares).

Una clase fenómeno químico clásico es el de óxido-reducción (redox), hay intercambio de electrones entre átomos, estos fenómenos químicos clásicos son fuentes de energía eléctrica: las pilas. Pero antes de llegar a las pilas, se hace necesario recrear los más importantes hitos de la electricidad tal y como se presentan a continuación. Para ello, se ha realizado un resumen de las ideas principales presentadas por Ramos (2003) en su artículo La electricidad antes de Faraday.



Tales de Mileto, filósofo de la Antigüedad ( $\approx$  - 2600 años) describe las atracciones y repulsiones entre cuerpos después de frotarlos. Un material usado para este fenómeno fue el ámbar (*elektron*, en griego).



Benjamín Franklin (1706-1790) fue un abanderado de la electricidad. Se percató de que los cuerpos cargados y dotados de partes puntiagudas perdían fácilmente su carga; y que, recíprocamente, los cuerpos en estado neutro y dotado de tales puntas adquirirían fácilmente cargas externas a través de esas terminaciones aguzadas. Sus estudios le dieron las ideas fundamentales para inventar el pararrayos: una varilla puntiaguda, colocada verticalmente, muy alta sobre el suelo, en un sitio a la intemperie, y conectada al suelo con una cadena o un alambre grueso que se hundía profundamente en la tierra. Su sensacional invento fue pronto conocido en todo el mundo y le dio fama internacional desde ese momento. Franklin investigó extensamente las teorías, los fenómenos y los interrogantes de la electricidad. Creía que esta era un fluido sin peso, de una sola naturaleza, cuya abundancia excesiva en algunas situaciones se expresaba como carga positiva y cuyo déficit, en otras

ocasiones, se manifestaba como carga negativa. Fue Franklin precisamente quien inventó los términos positivo y negativo en relación con la electricidad. La ciencia eléctrica le debe también la formulación del principio de conservación de la carga eléctrica y la explicación del fenómeno de la inducción electrostática.



Jean-Antoine Nollet (1700- 1770), amigo y colaborador de Du Fay. Fue un experimentador increíble del fenómeno de la descarga de la electricidad estática y sus resultados lo llevaron a sugerir que los movimientos del cuerpo provocados por un choque eléctrico podrían ser usados en el tratamiento de la parálisis en los seres humanos. Para esta presentación, Nollet con la ayuda de dos médicos, electrizó a dos pacientes paralíticos y uno de ellos indicó sentir cosquillas en los brazos, una sensación que dijo no haber tenido en muchos años. Este gran científico francés creía que la electricidad era debida a la acción de una “materia fluida en movimiento, semejante a la materia del fuego y de la luz”. Nollet llamó la atención hacia la semejanza entre la electricidad y los rayos.



Beccaria Francesco Ludovico Beccaria (1716- 1781 investigó sobre la electricidad, animado por el reciente invento de la botella de Leyden y por los trabajos de Franklin y Dalibard. Una de las ideas nuevas y correctas que aportó Beccaria fue que la electricidad estática se encuentra siempre en la superficie de los conductores. Fue un firme sostenedor de la teoría frankliniana del fluido único.



Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) gran químico francés, mostró que cuando un sólido o un líquido se evaporan o se convierten en gas, también se electriza; así como cuando se desprenden gases de un líquido en efervescencia causada por acción química.



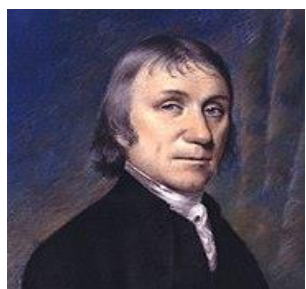
John Théophile Desaguiliers (1683-1744) pudo hacer un gran número de experimentos originales sobre electricidad y basándose en ellos obtuvo las primeas generalizaciones sobre los dos tipos de electricidad: 1) un cuerpo “eléctrico” per se es uno en el cual se puede excitar electricidad por frotamiento, palmoteo, martillado, fusión, calentamiento o cualquiera otra acción sobre el mismo cuerpo; 2) un cuerpo no eléctrico es uno que no puede electrificarse por una acción inmediata sobre el mismo, aunque es capaz de recibir la “virtud eléctrica” (electrificación) desde un cuerpo “eléctrico”. Los no eléctricos fueron identificados por Desaguiliers con los “conductores”. Esto suena como una contradicción entre palabras, pero si se recuerda que un trozo de metal no puede ser electrificado por fricción, se puede entender lo que quería decir Desaguiliers.



Thomas François Dalibard (1709-1779) continuó los experimentos sobre el pararrayos de Franklin y sus experimentos demostraron que hay electricidad en la atmósfera aún en tiempo de calma. Puso en evidencia la naturaleza eléctrica del rayo.



Martinus van Marum (1750-1837) colaboró con John Cuthberson (1743-1806), en la construcción de una máquina electrostática con discos gemelos de vidrio, de cinco pies de diámetro, la cual se instaló en la ciudad de Harlem, Holanda. Esta podía producir chispas hasta de dos pies de largo y tan gruesas como un lápiz en la construcción de esta potente máquina, la cual era capaz de producir 300 descargas por minuto, a 60 KV y aún más.



Joseph Priestley (1733-1804) fue uno de los padres de la ciencia química como se la conoce hoy. El más importante de sus aportes en este campo fue el descubrimiento del oxígeno. Pero también dedicó una gran parte de su trabajo científico al estudio de la electricidad. Él descubrió que, en una esfera, hueca o

maciza, las cargas se distribuyen uniformemente por toda su superficie, y que en su interior no hay cargas ni fuerzas eléctricas, y más en general, que cuando un recipiente es electrificado, no ejerce ninguna fuerza eléctrica sobre objetos situados en su interior. Conociendo muy a fondo el trabajo de Newton, e inspirado por este, Priestley llegó a la conclusión de que la intensidad de las fuerzas entre cargas electrostáticas, es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.



Lord Henry Cavendish (1731-1810) es recordado como uno de los grandes científicos que construyeron la química. Pero Cavendish hizo también un gran aporte al desarrollo de la eléctrica. En este campo, intentó explicar los principales fenómenos eléctricos mediante la teoría de un “fluido elástico” que se acercaba a la propuesta por Aepinus, pero superándola en exactitud y extensión. Por primera vez determinó la capacidad (como se decía entonces) o capacitancia (como se dice hoy) y el grado de electrización de un conductor, acercándose mucho a la definición de “potencial eléctrico”. Además, Cavendish estudió la capacidad eléctrica de los cuerpos de varias formas, refiriéndola a la capacidad de la esfera, capacidad esta que Cavendish mostró que es proporcional a su radio geométrico. Para sus estudios, Cavendish inventó la balanza de torsión con la cual verificó la ley de la gravitación de Newton. Con su balanza, él formuló claramente la ley de atracciones y repulsiones electrostáticas proporcionales al inverso del cuadrado de la distancia entre las cargas eléctricas. Cavendish también estudió la “electricidad animal” de algunos peces como el “torpedo” y el gimnoto. Pero pese a todos sus importantes y originales trabajos, Cavendish no los publicó y así permanecieron ignorados hasta el siglo XIX, cuando fueron descubiertos por su familia y pudieron ser valorados en su gran mérito.



Charles Augustin de Coulomb (1736- 1806). Reinventó la balanza de torsión que ya antes habían inventado Cavendish, Priestley y John Michel para medir fuerzas gravitatorias y magnéticas. Con este instrumento y con una inmensa paciencia



se dedicó a medir las fuerzas de atracción y de repulsión entre polos magnéticos y entre cargas eléctricas. Con sus mediciones descubre y aclara los conceptos de carga eléctrica y unidad de polo magnético. Coulomb establece que las fuerzas entre polos magnéticos y entre cargas eléctricas son ambas proporcionales a las “masas magnéticas” y a las “masas eléctricas”, respectivamente e inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia que separa a los polos o a las cargas, respectivamente. Coulomb inventó la famosa esfera que le permitió establecer que “una vez que se alcanza un estado de equilibrio, la electricidad se distribuye sobre la superficie de un cuerpo y no penetra en su interior”, y demostró matemáticamente este hecho.

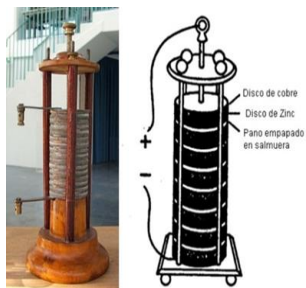


Luigi Galvani (1737-1798) basándose en sus experimentos con patas de rana, desarrolló toda una doctrina sobre la “electricidad animal” que fue acogida por varios científicos europeos, incluyendo a Coulomb. Y aunque su creencia en una “electricidad” generada por los órganos de los cuerpos de animales no fuera del todo correcta, ella sirvió para lanzar a Volta a estudiar el tema y al invento de la pila galvánica.



Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta (1745-1827) tuvo como predecesor para su descubrimiento de la pila eléctrica a Giovanni Valentino María Fabroni (1752-1822), publicó en 1792 una memoria sobre la acción entre diferentes metales sumergidos en líquidos, en la cual expone una teoría precursora de lo que llegaría a ser la pila de Volta en los treinta años que precedieron a su invención de la pila. Volta ya se había hecho famoso como experimentador y publicista en el campo de la electricidad. Volta hizo conocer su invención de la pila mediante un opúsculo en lengua francesa que envió a su amigo Tiberio Cavallo en Londres, para que la transmitiese al presidente de la Royal Society, Joseph Banks (1743-1820), quien lo publicó en marzo de 1800, causando una enorme sorpresa entre todos los científicos de Europa.

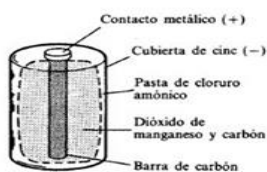




En este escrito, Volta describe la pila de metales diferentes (plata y zinc) alternados que en contacto con agua acidulada generaban un flujo de corriente eléctrica constante. Con esta nueva fuerza el agua se descomponía y se podía producir un depósito eléctrico de un metal en el otro.

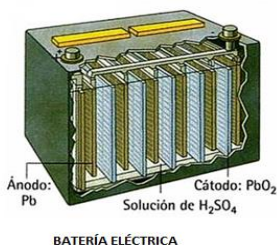
Juzgando desde el punto de vista actual, en la polémica que surgió entonces entre Galvani y Volta, el uno y el otro tenían parte de razón. Como lo han demostrado todas las investigaciones de los siglos siguientes, existe en realidad tanto una “electricidad animal” (si bien debe entenderse en un sentido bastante distinto al de Galvani), como una electricidad originada en el contacto entre dos metales diferentes. De todos modos, los descubrimientos de Galvani y de Volta abrieron la vía de un nuevo tipo de investigaciones que daría grandes frutos en las etapas inmediatamente siguientes de los desarrollos de la química y de la física.

La pila química de Volta hizo posible a Faraday (1791-1867) realizar trabajos experimentales y descubrimientos fundamentales en, por ejemplo, electroquímica y electromagnetismo. El invento de la pila en 1800 hizo posible las investigaciones sobre la electricidad y el magnetismo, se descubrieron empíricamente leyes de la electrotecnia, se construyeron generadores y motores eléctricos sin conocer la partícula fundamental de la electricidad: el electrón, recién identificado a fines del siglo XIX.



PILA ELÉCTRICA

Se señala que los términos de pila o batería es porque pila es 1 elemento y batería son 2 o más en serie, pero se pueden usar ambos, pila o batería son fuentes de energía eléctrica.



BATERÍA ELÉCTRICA

En teoría todas las pilas o baterías químicas son recargables porque todos los fenómenos químicos clásicos son reversibles, pero según sus componentes, en algunos casos no es posible, por ejemplo, la pila seca no es recargable, la batería de plomo sí lo es.

Se destaca que cada pila química tiene una energía eléctrica determinada por su constitución y se relaciona con una propiedad que se mide en Volts (V), por ejemplo, la pila seca tiene 1,5 V, cada elemento del acumulador de Pb tiene 2 V.

La óxido-reducción es un fenómeno químico-físico clásico con intercambio de electrones. Una pila química está formada por una semipila que entrega electrones, se oxida, y otra semipila que los recibe, se reduce, este movimiento de electrones se realiza por electrodos sólidos (polo positivo y polo negativo) en un circuito exterior conductor de electricidad, en el interior de la pila las cargas eléctricas se mueven en un medio conductor de la electricidad.



En 1836, se inventa la pila de Daniell, formada por zinc sólido (Zn) (s)- disolución acuosa de ión  $Zn^{2+}$  (ac), semipila de oxidación y cobre sólido (Cu) (s) – disolución acuosa de  $Cu^{2+}$  (ac) de reducción.



Un avance muy importante fue la batería o acumulador de plomo, de Planté, en 1859. Es una pila química que se construye con 2 electrodos sólidos de plomo (Pb) (s) y el líquido conductor, “ácido sulfúrico” ( $H_2SO_4$ ) (ac). Luego se carga con una fuente exterior y “acumula energía”. Al usarla como fuente de energía eléctrica se descarga, pero se puede recargar, y así sucesivamente, teóricamente se puede reciclar siempre. Un inconveniente de la batería de Pb es que el “ácido sulfúrico” es un líquido muy corrosivo. Un serio inconveniente práctico de estas pilas es el cuerpo líquido que contienen.



En 1866, Leclanche inventa la “pila seca” que no contiene un líquido sino una pasta húmeda conductora. Se señala que la pila seca no es recargable.



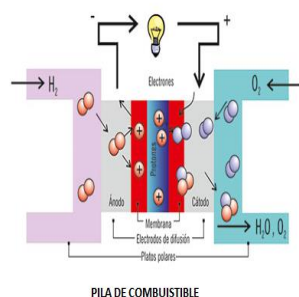
En 1899, Jungner inventa una pila recargable de níquel (Ni) – cadmio (Cd) – hidróxido de potasio (KOH) (la batería de Pb es la primera recargable).

Desde el inicio del siglo XX, y hasta aproximadamente hasta 1960, los aparatos que funcionaban con pilas no eran prácticos, se usaban pilas no recargables, en general, la pila seca de 1,5 V consumía mucha energía, por ejemplo, una radio portátil a válvulas electrónicas.

La batería de Pb recargable fue y es imprescindible para los automóviles, hasta ahora es irremplazable para varios desarrollos tecnológicos, por ejemplo, energía eólica, energía fotoeléctrica.

Desde aproximadamente 1960, el desarrollo de las fuentes químicas de energía eléctrica es muy importante y eficiente, especialmente, en pilas recargables pequeñas que permiten el uso de distintos dispositivos electrónicos. Desde 1950 se inicia la microelectrónica con el invento del transistor (válvula sólida) y junto con el desarrollo de la informática, los aparatos electrónicos consumen poca energía, son pequeños y livianos.

Actualmente hay varias pilas recargables, por ejemplo, Ni – Cd, Ni – hidruro metálico MH, ión litio  $\text{Li}^+$ , hacen posible el uso comercial de distintos aparatos, por ejemplo, teléfono celular, computadoras portátiles, marcapasos.



Otra fuente de energía eléctrica es la pila de combustible o celda de combustible, así llamada porque la combustión es un fenómeno químico clásico de óxido-reducción, luego se puede usar como fuente de energía eléctrica. Si el combustible es hidrógeno ( $\text{H}_2$ ) que se oxida y entrega electrones y el que se reduce y recibe electrones es el dióxigeno ( $\text{O}_2$ ), se forma agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ).



Estas pilas tienen tecnologías y costos elevados, todavía no son de uso común, pero es posible que pronto se ofrezcan comercialmente. Por sus características y ventajas, funcionan con  $H_2$  y  $O_2$  que se introducen en la pila, se agotan solo si no hay  $H_2$  y/o  $O_2$  y el producto es agua. Ellas fueron usadas en los viajes espaciales tripulados del programa Apolo a la Luna. Durante el viaje del Apolo 13 (abril de 1970), uno de los tanques de  $O_2$  explotó. Se canceló el alunizaje, pero los 3 tripulantes pudieron regresar a la Tierra.

Debe aclararse que el uso masivo y creciente de aparatos que funcionan con pilas y baterías origina un serio problema ambiental, según el destino de las pilas y baterías agotadas, porque contienen muchas sustancias muy contaminantes del medio ambiente, por ejemplo, Ni, Cd, Hg, Zn, Hg, Pb, Fe. Obviamente, no se deben mezclar con los desechos comunes. Es posible reciclarlas, pero, en general, los métodos son complicados y económicamente no convenientes.

Una propuesta práctica y simple que prácticamente evita el contacto con el medio ambiente es confinar las pilas agotadas en hormigón. Se debe promocionar el uso de pilas recargables que son convenientes económicamente y para el medio ambiente.

### **1.7. Radiaciones electromagnéticas y la luz. Espectros. Rayos x y otros. Modelo atómico de Thomson**

Desde siempre, la luz fue un fenómeno intrigante, Galileo Galilei intento medir su velocidad, aparentemente “infinita”, pero fracasó. Al respecto se cuenta a continuación como sucedió.



No le bastó a Galileo con enunciar un principio de la relatividad, y así ayudar a Einstein con su relatividad especial, donde la luz, su comportamiento y velocidad son esenciales, y entonces mide la velocidad de esta a través de un experimento bien ingenioso, el cual se describe a continuación.



SAGREDO. Pero, ¿de qué clase y cuán grande estimaremos ser esta velocidad de la luz? ¿Es acaso instantánea, momentánea o más bien, como son los otros movimientos, durable? ¿No nos sería posible, por medio de experimentos, adquirir la certeza de cómo es?

SIMPLICIO. La experiencia cotidiana nos muestra que la propagación de la luz es instantánea; pues cuando a lo lejos dispara un cañón, el resplandor del fogonazo llega a nuestros ojos sin interposición de tiempo, más el estampido lo oímos solo después de un notable intervalo de tiempo.

SAGREDO. ¡Eh! Simplicio, de esta conocidísima experiencia solamente se deduce que el sonido necesita más tiempo que la luz, para llegar hasta nosotros, pero no se sigue de ahí que la propagación de la luz sea instantánea, y no temporal, por más veloz que ella sea. Esta observación no tiene más peso que aquella otra que dice: <Tan pronto como el Sol asoma en el horizonte, llega a nuestros ojos su resplandor>; porque ¿quién me asegura que sus rayos no han llegado a dicho punto antes que a nuestra vista?

SALVIATI. La inconsecuencia de estas y otras observaciones semejantes, me hizo pensar una vez en el modo de poder comprobar sin error, si la iluminación o sea la propagación de la luz, es verdaderamente instantánea...El experimento que se me ocurrió, fue el siguiente. Sean dos individuos, cada uno de los cuales pone una luz dentro de una linterna u otro receptáculo, de modo que, con la interposición de la mano puedan ir tapándola y descubriéndola a la vista del compañero. Colóquense uno frente a otro a pocos codos de distancia y vayan adiestrándose en descubrir y ocultar su luz a la vista del compañero, de modo que, cuando uno vea la luz del otro, descubra inmediatamente la suya. Esta correspondencia, después de algunas respuestas intercambiadas de uno y otro lado, quedará tan ajustada, que, al acto de descubrir del uno, corresponderá inmediatamente, sin error sensible, el acto de descubrir del otro; de modo que al descubrir uno su luz, verá al mismo tiempo aparecer a su vista la luz del otro. Una vez conseguido el ajuste...en pequeñísimas distancias, pónganse los compañeros, con sus luces, a dos o tres millas de distancia, y volviendo a repetir de noche el experimento, observen atentamente si las respuestas a sus actos recíprocos de descubrir y ocultar la luz, se verifican por el mismo tenor de las que se hacían desde más cerca; si se verifican así, podremos concluir con bastante seguridad, que la propagación de la luz es instantánea; porque si necesitare tiempo, en una distancia de tres millas, que suponen seis, para ir una y venir la otra, la demora deberá ser fácilmente observable. Si las observaciones hubieren de hacerse a mayores distancias, como ser ocho o diez millas, podríamos servirnos del telescopio, con tal que cada uno de los observadores ajuste el suyo al lugar donde se ha de operar con las luces durante la noche. Pues aun cuando las luces sean pequeñas, y por consiguiente invisibles a simple vista desde tanta distancia, podrán con toda facilidad taparse y descubrirse. Y con la ayuda de los telescopios, de antemano ajustados y fijos, se las podrá ver cómodamente.

SAGREDO. El experimento me parece invención tan segura como ingeniosa. Pero dínos a qué conclusión has llegado al practicarlo.

SALVIATI. Ciertamente no he realizado el experimento sino en pequeñas distancias, o sea de menos de una milla, y no he podido tener la seguridad de si es instantánea la aparición de la luz opuesta; pero si no es instantánea, por lo menos



es velocísima y aun diría momentánea, y por ahora la compararía con el movimiento que vemos producirse en el resplandor del relámpago, visto entre las nubes a ocho o diez millas de distancia. Nosotros distinguimos el origen de esta luz, y podríamos decir el manantial y la fuente, en un lugar determinado entre esas nubes, pero inmediatamente se propaga con amplísima expansión entre las circundantes. Esto parece ser un argumento en favor de que esa propagación requiere algún tiempo, porque si fuese instantánea y no gradual, parece que no podríamos distinguir su origen, o su centro, por decirlo así, de sus repliegues y prolongaciones extremas. Pero ¿en qué piélagos vamos nosotros poco a poco engolfándonos inadvertidamente, entre los vacíos, entre los infinitos, entre los indivisibles, entre los movimientos instantáneos, para no poder jamás, después de mil discusiones, arribar a puerto? (Galilei, 1945, pp. 73-75).

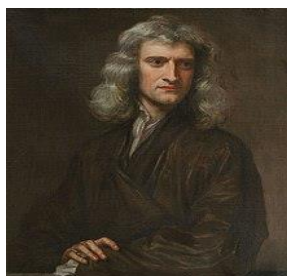
En el experimente galileano, realizado más tarde por los académicos florentinos, la distancia que separaba a los observadores era de dos leguas. Sin duda, Galileo ha subestimado la enorme velocidad de la luz, creyendo poder medirla sobre cortos recorridos con medios primitivos. No obstante, su idea es genial. Cuando Fizeau se propone, en el siglo XIX, medir la velocidad de la luz sobre un recorrido terrestre, no hará otra cosa que modernizar la idea de Galileo: elimina el segundo observador,



reemplazándolo por un espejo y midiendo el tiempo que la luz de su linterna necesita para el viaje de ida y vuelta, por medio del conocido artificio de su rueda dentada... Pero no fue preciso esperar hasta la experiencia de Fizeau para saber que la luz no se propaga instantáneamente. Olaf Römer...logra calcular su velocidad gracias a las ocultaciones de los satélites jovianos descubiertos por Galileo. (Papp, s/f, p. 65).



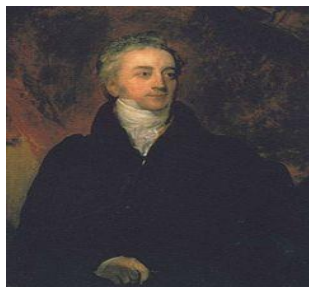
En 1680, Römer mide la velocidad de la luz por observaciones astronómicas (período de traslación del satélite de Júpiter) y obtiene un valor aproximado al actual:  $c = 300.000$  km/seg.



Después de publicar el Principia, Newton investigó y descubrió en 1698, la dispersión de la luz: separó experimentalmente los colores que forman la luz blanca, el espectro continuo visible desde el violeta al rojo que se observa en un arco iris.

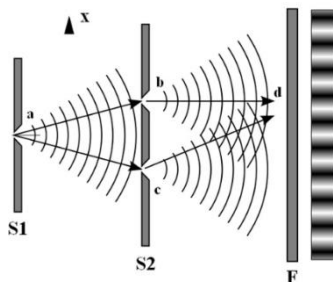
Newton publicó Optics en 1704, donde discute los problemas relacionados con la naturaleza de la luz. Respecto a esta naturaleza había dos modelos

excluyentes: un haz de partículas con movimiento rectilíneo o un movimiento ondulatorio de un medio elástico: onda o partícula. Newton defendía el modelo corpuscular.



Por su parte, Thomas Young se le oponía con el modelo ondulatorio. Según la Enciclopedia Británica, Young fue un médico y físico inglés que estableció el principio de la interferencia de la luz resucitando la teoría ondulatoria de la luz abandonada en el siglo anterior. También fue un egiptólogo que ayudó a descifrar la Piedra de Rosetta. De hecho, Young realizó descubrimientos en prácticamente todos los campos que estudió, incluyendo física (la teoría ondulatoria de la luz), ingeniería (el módulo de elasticidad), fisiología (el mecanismo de la visión), egiptología, lingüística, etc. Para muchos Young es «el último hombre que lo sabía todo».

Su contribución fundamental al campo de la luz es el experimento de la doble rendija, considerado no solo como «uno de los experimentos más bellos de la física», sino también «el experimento favorito con luz». Con este experimento Young desafió las teorías de Isaac Newton y demostró que la luz es una onda, que probaba que la luz sufre el fenómeno de las interferencias que es propio de las ondas. Entre 1801 y 1803 presentó una serie de conferencias en la Royal Society subrayando la teoría ondulatoria de la luz y añadiendo a la misma un nuevo concepto fundamental, el principio de interferencia. El experimento de la doble rendija es maravillosamente simple y permitió a Thomas Young demostrar de forma convincente y por primera vez la naturaleza ondulatoria de la luz. Cuando las ondas provenientes de dos rendijas estrechas se superponen sobre una pantalla colocada a cierta distancia paralela a la línea que conecta estas rendijas, aparece en la pantalla un patrón de franjas claras y oscuras espaciadas regularmente (patrón de interferencia). Esta es la primera prueba clara de que luz más luz puede dar lugar a oscuridad. En la interferencia tiene lugar una redistribución espacial de la intensidad luminosa sin que se viole la conservación de la energía. Este fenómeno se conoce como interferencia y con este experimento se corroboraron las ideas intuitivas de Huygens respecto al carácter ondulatorio de la luz. Thomas Young esperaba este resultado pues creía firmemente en la teoría ondulatoria de la luz y su juicio este había sido el más importante de sus muchos logros científicos (Beléndez, 2015, pp. 2-4)



En 1798, se realiza la experiencia de Young, la luz pasa por ranuras pequeñas y en una pantalla aparecen zonas claras y oscuras. Para que se produzca este fenómeno, difracción e interferencia (luz + luz = oscuridad), la luz debe ser un movimiento ondulatorio. Esta experiencia demuestra que la luz es un movimiento ondulatorio mecánico de un medio elástico (el éter) y no un haz de partículas con movimiento rectilíneo.



En 1865, Maxwell (1835-1871) publica la teoría clásica del electromagnetismo EM. Propone que los campos EM se propagan en ondas electromagnéticas “OEM” (se destaca “OEM” entre comillas: no se debe omitir que las “OEM” no tienen comportamiento únicamente de ondas sino también de partículas, el fotón de Planck: onda y partícula), aplicando leyes del EM deduce matemáticamente que la velocidad de una “OEM” es la velocidad de la luz 300.000 Km/s (medida en 1680 por Roemer, en 1845 por Fizeau, y en 1862 por Foucault), luego la luz es una “OEM”. Para que una onda mecánica se propague es necesario un medio elástico, luego en todo el Universo debe haber un medio elástico: el éter. La búsqueda experimental del “viento del éter” (Michelson-Morley) es uno de los fracasos más exitosos de la historia de la ciencia porque es el origen de la teoría especial de la relatividad (1905) de Einstein (1879-1955).

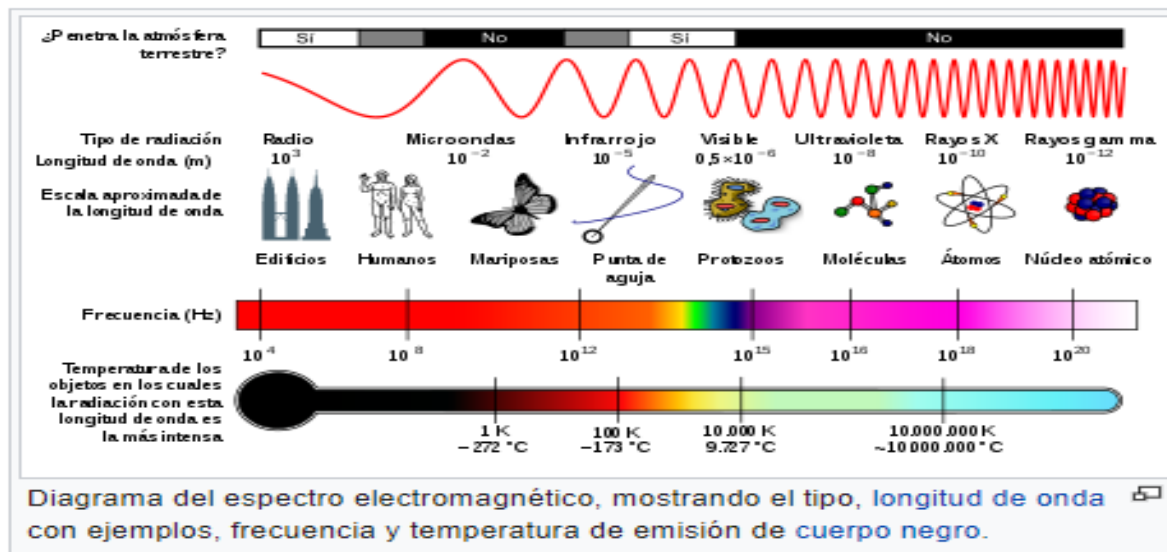


En 1900, Planck (1858-1947) analizando los resultados experimentales de la radiación térmica de un cuerpo, propone que el cuerpo emite “partículas de OEM”, es un haz de partículas (fotón).

¿La luz y las “OEM” también “son” partículas? El modelo cuántico- ondulatorio hasta ahora se ha verificado por diversas experiencias. La energía de un fotón es proporcional a la frecuencia de la “OEM”.

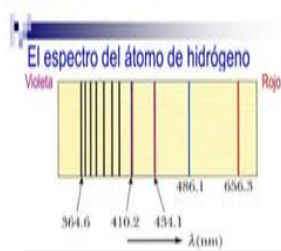


No tiene sentido la pregunta “qué es la luz”, sino qué comportamiento tiene. No se debe omitir que, según los modelos actuales, experimentalmente tiene propiedades de onda o partícula. Luego no se usa más el término “OEM” sino radiación electromagnética. Durante el siglo XIX se descubren “OEM” no visibles, por ejemplo, los rayos X (Röntgen 1895) que se detectan con una placa fotográfica.



Existen diferentes tipos de radiaciones electromagnéticas. Están las que pertenecen al espectro visible, radio, TV, radiografías. La energía aumenta con la frecuencia. No se debe omitir que los rayos cósmicos no pertenecen al espectro electromagnético, no son fotones (masa = 0) sino partículas (casi todos protones p+) que llegan a la Tierra a velocidades muy cercanas a la luz.

Ya en el siglo XIX se desarrolló la espectroscopia, dispersar la luz emitida por un sistema, se descubrió que cada elemento químico emite un espectro característico discontinuo o de rayas, el arcoíris es el espectro visible continuo.



Mientras que el átomo de hidrógeno muestra un espectro discontinuo. El hidrógeno (H) es el átomo más simple: 1 electrón (1e-).

En 1888, Rydberg (1854-1919) propone empíricamente una ecuación matemática simple y calcula la constante R (constante de Rydberg) para el espectro de rayas del átomo de H, que es un fenómeno complejo.



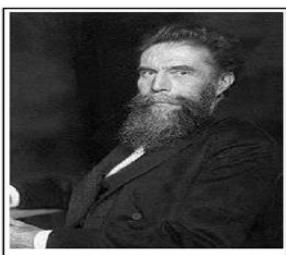
Rydberg también propone una ecuación matemática para los átomos hidrogenoides, se llaman átomos hidrogenoides a iones con un único electrón  $1e^-$ , por ejemplo,  $He^+$ ,  $Li^{2+}$ ,  $Be^{3+}$ , se incluye al átomo de H. Los espectros de rayas elementales de los átomos hidrogenoides, están aparentemente desordenados, sin embargo, cumplen con una ecuación matemática simple.

$$\Delta E = h \cdot \nu = R\alpha Z^2 \left[ \left( \frac{1}{n_i^2} \right) - \left( \frac{1}{n_f^2} \right) \right]$$

$\Delta E$ : variación de energía;  $h$  constante de Planck;  $\nu$ : frecuencia;  $R\alpha$ : constante de Rydberg [joules J];  $Z$ : número atómico ( $Zp^+$ );  $n_i$  y  $n_f$  números enteros: cada par de números enteros  $n_i$  y  $n_f$  corresponde a una  $\Delta E$  del espectro elemental de rayas.

Por ejemplo, si  $n_i = 3$  y  $n_f = 2$ , se obtiene la frecuencia  $\nu$  de la raya roja del espectro elemental visible del átomo de H llamada Balmer  $\alpha$ : 656 nm.

No se debe omitir que el signo positivo o negativo del resultado de  $\Delta E$  indica si la energía  $E$  es perdida (- emisión) o ganada (+ absorción) por el átomo hidrogenoide (sistema), opuesto para el medio ambiente.



Por su parte, Wilhelm Conrad Roentgen, en 1895, a la edad de 50 años, descubrió los rayos X. Recibió múltiples condecoraciones, como la Medalla de Oro Rumford de la Real Sociedad de Londres, la Medalla Elliot-Cresson del Instituto Franklin de Filadelfia, y la Medalla Bamard, concedida por la Universidad de Columbia por recomendación de la Academia Americana de Ciencias. En 1900, fue profesor de Física, de la Universidad de Munich y, director del Nuevo Instituto de Física. En 1901, fue Premio Nobel de Física. Recibió la Orden Real del

Mérito de la Corona Bávara. Se levantaron bustos y monumentos en su honor. Lenard se declaró su enemigo, al no ser premiado con el Nobel. En 1920, se retiró del cargo de profesor de Física y, en 1923, murió en Munich (Ulloa, 1995, p.152).

Con el descubrimiento de los rayos x (...) Roentgen se encontró en el candelero de las noticias. Le llovían los premios, honores y pedidos, pero cada vez le resultaba más difícil mantener su cronograma habitual de trabajo en el laboratorio. Por ello, terminó aislándose no solo del público, sino también de sus colegas... Sin embargo, la creciente fama también tuvo su lado oscuro: la discusión sobre quién descubrió primero los rayos lo persiguió hasta la vejez. Dado que los rayos x habían existido siempre y, él fue simplemente, la primera persona que los percibió y estudió, algunos investigadores le reclamaban la autoría (Busch, 2016, p.4).

El 31 de octubre de 1919 falleció su esposa... entonces... se retiró de la docencia y se dedicó a pensar en su última voluntad y testamento. Sus publicaciones científicas y la medalla de Premio Nobel iban a ser legadas a la Universidad de Würzburg, pero la



recopilación de sus notas y documentos personales debían ser quemados para proteger su privacidad. Desde el punto de vista político se sentía más cerca de la monarquía que de la democracia, surgida a partir de la revolución, pero a eso se sumaba la devaluación de su fortuna por la inflamación desmedida de los primeros años de la República de Weimar (Busch, 2016, pp.4-5).

En diciembre de 1895...Roentgen (1845-1923) ...había observado que una pantalla de papel cubierto con un material fluorescente sensible (platinocianuro de bario) brillaba intensamente en un cuarto oscuro cuando era colocada a distancias tan grandes como dos metros de un tubo de rayos catódicos operando bajo una gran diferencia de potencial. ¡La fluorescencia era observada cuando el tubo estaba perfectamente cubierto con un cartón negro! (Arons, 1970, p.778).

‘No había revelado nada a nadie sobre mi trabajo. Le dije a mi mujer que estaba haciendo algo que haría que la gente, cuando se enterara, dijera: <Röntgen ha perdido la cabeza>, le contó Wilhelm Conrad Roentgen a Ludwig Zehnder el 15 de enero de 18961 (Busch, 2016, p.3).

La observación inicial...fue accidental, pero...hizo una cuidadosa secuencia de experimentos diseñados para determinar la naturaleza del nuevo fenómeno. Demostró que la intensidad del resplandor podía variarse colocando diferentes objetos entre el tubo y la pantalla fluorescente y concluyó que rayos de cierto tipo emanaban del tubo. Encontró que la película fotográfica era sensible a los rayos. Reportó que objetos tales como papel, madera, placas de hule y láminas delgadas de aluminio, opacos todos a la luz ordinaria, atenuaban solo ligeramente o nada los rayos descubiertos. Encontró que plomo de un grosor de 1,5mm era virtualmente opaco a los rayos y principió a usar el plomo como escudo para bloquear los rayos y proteger las placas fotográficas hasta que deseaba exponerlas (Arons, 1970, p.778).

Sobre sus trabajos Roentgen escribió que “si se sostiene la mano entre la descarga del tubo y la pantalla, la sombra más oscura de los huesos se ve dentro de la sombra ligeramente oscura de la mano” (Arons, 1970, p.778).



La foto tomada por Roentgen, muestra la mano de su esposa, expuesta a los rayos x, donde se destacan los anillos que llevaba puesto en esos momentos.

Roentgen envió copias de sus trabajos y ejemplos impresos de las radiografías que había tomado, a diferentes reconocidos físicos, muchos de los cuales tenía como amigos. El profesor Franz Serafin Exner, de Viena, amigo de Roentgen desde los días del bachillerato en Zurich, recibió uno de los paquetes de año nuevo y mostró las fotografías en una pequeña reunión de científicos. Uno de los asistentes, el profesor Ernst Lecher, de Praga, le solicitó a Exner quedarse con los impresos hasta la mañana siguiente. Lecher, a su vez, se los mostró a su padre, Lecher, quien era editor de la <La Prensa> de Viena. Dándose cuenta del enorme valor histórico de la noticia, Lecher preparó un artículo del revolucionario descubrimiento por el <Profesor de Wurzburg>, para la edición de la mañana siguiente. En medio de la urgencia por cumplir con la edición, el editor escribió mal el nombre de Roentgen y el descubrimiento de <Routgen> resonó a través del mundo. Lecher percibió que <biólogos y médicos, especialmente los

cirujanos, se iban a interesar en los rayos porque ellos podrían abrir nuevas posibilidades diagnósticas>. (Ulloa, 1995, p.151).

La noticia fue rápidamente copiada por otros periódicos y, en la tarde del 6 de enero de 1896, fue enviada por cable de Londres a todos los países civilizados del mundo, en los siguientes términos: <El ruido de alarma no distrae la atención del maravilloso triunfo de la ciencia que es reportado desde Viena. Se anuncia que el profesor Roentgen, de la Universidad de Wurzburg, ha descubierto una luz, la que para el propósito de la fotografía puede penetrar madera, carne, ropa y muchas otras substancias orgánicas. El profesor ha logrado fotografiar pesas metálicas contenidas en un estuche de madera, también la mano de un hombre mostrando solo los huesos, siendo la carne invisible> (Ulloa, 1995, p.151).

De la noche a la mañana, Roentgen se convirtió en el centro de los elogios internacionales, condena y curiosidad. De todo el mundo llegaron cartas de felicitación e incredulidad, así como informe de duplicación de los experimentos originales y unos pocos de fracasos. Indudablemente, si no hubiera sido por las muchas fotografías de manos que se hicieron rápidamente después que el anuncio fuera publicado, el descubrimiento hubiera podido quedar guardado por algún tiempo en el olvido relativo de los laboratorios de Física (Ulloa, 1995, p.151).

Roentgen mostró que los rayos x no eran refractados por prismas de varios materiales y señaló que, por tanto, sería imposible enfocarlos por medio de lentes...Una cuestión importante era si los rayos catódicos y los rayos x eran la misma o diferentes manifestaciones...Roentgen señaló que Lenard había demostrado que los rayos catódicos penetraban solamente uno o dos centímetros en el aire a la presión atmosférica, mientras que los rayos x penetran varios metros (Arons, 1970, p.778).

Sobre esta última cuestión, agrega Roentgen que:

...otra diferencia y una muy importante, entre el comportamiento de los rayos catódicos y los rayos x se encuentra en el hecho de que no he tenido éxito, a pesar de muchos intentos, de obtener una desviación de los rayos x por medio de un imán, aún en campos muy intensos...De acuerdo con experimentos diseñados para probar la cuestión, es cierto que la mancha brillante sobre la pared del tubo de descargas la cual fluoresce al máximo puede ser considerada como el centro principal a partir del cual radian los rayos x en todas direcciones...Si los rayos catódicos dentro del tubo son deflectados por medio de un imán, se observa que los rayos x proceden de otro punto, a saber, a partir de aquel que es el nuevo extremo de los rayos catódicos...Por esta razón, los rayos x, que es imposible desviar, no pueden ser los rayos catódicos simplemente transmitidos o reflejados sin cambio alguno por la pared del cristal...Por tanto, llego a la conclusión de que los rayos x no son idénticos a los rayos catódicos, sino que son producidos por los rayos catódicos en la pared de vidrio del aparato de descarga. Esta producción no ocurre solamente en el vidrio, sino que, como he podido observar en un aparato encerrado por una placa de aluminio de 2mm de espesor, también ocurre en este metal. Otras sustancias van a ser examinadas posteriormente (Arons, 1970, pp.778-779).

En estudios posteriores, se confirmó que, de alguna manera desconocida, los rayos X eran producidos por el impacto de los rayos catódicos sobre diferentes materiales. Los tres tipos de radiación: rayos catódicos, rayos canales y rayos X,



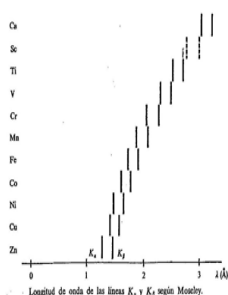
estaban evidentemente relacionados entre sí, y el impacto producido por los descubrimientos de Roentgen actuaría como el disparador de una serie de investigaciones que finalmente permitirían entender el origen de estos extraños efectos, dando nacimiento a la Física atómica, y conduciendo en apenas unos pocos meses a otro descubrimiento aún más sensacional, los rayos Becquerel (Barrachina, s/f, pp. 3-4).

Concluyendo puede decirse que los rayos X, descubiertos por Röntgen en 1895, son radiaciones electromagnéticas radEM no visibles de longitud de onda  $\lambda$  entre  $10^{-8}$  y  $10^{-10}$ m que se producen al chocar los rayos catódicos con un cuerpo sólido que se llama anticátodo. Los rayos X permiten las radiografías. El sólido (anticátodo) emite radEM no visibles llamadas rayos X.

En 1913, Moseley (1887-1915) descubrió una ley natural para la frecuencia  $\nu$  de los rayos X emitidos:  $\nu^{1/2} = A (Z - Z_0)$  ( $Z =$  número entero;  $Z_0 =$  cte.).

Esta ley es un ejemplo muy importante de los conceptos de medir ( $\nu$ ) y contar indirectamente un número entero ( $Z =$  número de  $p^+$ ). La frecuencia  $\nu$  se puede medir con baja desconfianza y con la ley de Moseley se obtiene un número entero  $Z$  que determina a que elemento químico EQ pertenece el átomo que lo emite. La ley de Moseley determina  $Z$  el número de orden en la tabla periódica, cantidad de protones  $p^+$  en el núcleo, fundamental para la química; ya que, identifica unívocamente cada elemento químico EQ.

No se debe omitir que Moseley murió a los 28 años (1915), en la batalla de Gallipoli de la Primera Guerra Mundial, carnicería que fue ordenada entre otros, por Churchill, luego “héroe” en la Segunda Guerra Mundial. Los átomos de los elementos químicos EQ tienen un espectro de radEM discontinuo (de rayas) y rayos X que identifican unívocamente a cada elemento químico EQ.



La figura muestra las series  $K\alpha$  y  $K\beta$  para algunos elementos químicos EQ. Según los EQ que contiene el anticátodo, este emite distintos tipos o series de rayos X ( $\alpha$ ,  $\beta$ , etc.) y a cada serie le corresponde un valor de  $A$  y de  $Z_0$ .

Los rayos X de la serie principal se llaman  $K\alpha$ , la ecuación matemática es:

$$v = 4,97 \cdot 10^7 \text{ s}^{-1/2} [\text{Hz}^{1/2}] (Z - 1)$$

Siguiendo con el análisis anterior, puede decirse que:



Previamente al descubrimiento de los rayos x, no había sido posible estudiar la conductividad de los gases en una forma controlada y reproducible...Entre otras cosas, pronto se demostró que el orden de magnitud de la carga eléctrica llevada por los iones en la conducción gaseosa era la misma que la observada en la electrólisis, a saber, alrededor de  $10^5$  coulomb” (Arons, 1970, p. 780).

Millikan al escribir la historia de estos eventos resumió los nuevos conceptos y la gran cantidad de nuevas preguntas.

Hasta el momento, el único tipo de ionización conocido era el observado en la solución, y aquí siempre es alguna molécula compuesta, como el cloruro de sodio..., la que se divide espontáneamente en un ion de sodio positivamente cargado y en un ion de cloro negativamente cargado. Pero la ionización producida en los gases por los rayos x era de un tipo totalmente diferente, pues era observable en gases puros como nitrógeno y oxígeno, o aún en gases monoatómicos como el argón y el helio. Claramente, entonces, aún el átomo neutro de una sustancia monoatómica debe poseer pequeñas cargas eléctricas como constituyentes. Aquí estaba la primera evidencia directa 1) de que un átomo es una estructura compleja y 2) que en su formación entran cargas eléctricas. Con este descubrimiento, debido directamente al uso de un nuevo agente, los rayos x, el átomo como una parte indivisible había desaparecido y principió la era de los constituyentes del átomo...Los físicos principiaron inmediatamente a buscar diligentemente y a encontrar respuestas por lo menos parciales a preguntas como estas:

- 1) ¿Cuáles son las masas de los constituyentes de los átomos liberados por los rayos x y agentes semejantes?
- 2) ¿Cuáles son los valores de las cargas que llevan estos constituyentes?
- 3) ¿Cuántos constituyentes existen?
- 4) ¿Qué tan grandes son?; es decir, ¿qué volúmenes ocupan?
- 5) ¿Cuáles son sus relaciones con la emisión y absorción de ondas de luz y de calor?; es decir, de radiación electromagnética.
- 6) ¿Todos los átomos poseen elementos constituyentes semejantes?... (Arons, 1970, p. 781).



A todas estas preguntas de Millikan les comienza a dar respuestas Joseph John Thomson, quien, a finales del siglo XIX, después del famoso hallazgo del pararrayos por Benjamín Franklin, hecho con una cometa y una llave, ya consideraba que la electricidad era un actor central en muchos experimentos, aunque todavía se desconocía su naturaleza.

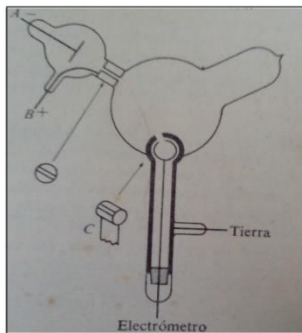


En relación con los rayos catódicos, entre 1893 y 1897, al científico inglés Joseph John Thomson se le ocurrió una forma de determinar su naturaleza. La foto muestra a Thomson trabajando con los tubos de rayos catódicos y realizando experimentos bajo los cuales descubrió al electrón en 1887.

A principios de 1897, Thomson efectuó una serie de experimentos cuyos resultados fueron publicados extensamente en la revista *Philosophical Magazine*. Entre los aspectos resaltantes del artículo de Thomson están: 1) establece que los experimentos tienen como objetivos, específicamente, lograr alguna información en cuanto a la naturaleza de los rayos catódicos; 2) describe la controversia con respecto a la naturaleza de los rayos catódicos y se muestra inclinado a favor de la teoría de partículas; 3) explica la razón por la cual Hertz no pudo obtener una desviación de los rayos catódicos electrostáticamente, debido a que esta podía ser obtenida solamente cuando el vacío era muy bueno, aspecto que no había sido tomado en cuenta por Hertz; 4) resume las propiedades de los rayos catódicos y señala un aspecto fundamental de sus experimentos: los rayos catódicos son los mismos, cualquiera que sea el gas a través del cual las descargas pasan, y concluye: «Cuando los rayos catódicos transportan una carga, son desviados por una fuerza magnética en la misma forma que esta fuerza pudiera actuar sobre un cuerpo electrificado negativamente moviéndose a lo largo de la trayectoria de estos rayos, no puedo ver escapatoria a la conclusión de que ellos son cargas de electricidad negativa transportadas por partículas de materia...» (Páez, Castro, Rodríguez y Niaz, 2004, p.2).

En 1897, Thomson hizo un ataque dirigido a la cuestión de la naturaleza de los rayos catódicos...Refiriéndose a las hipótesis en conflicto, la corpuscular y la ondulatoria, Thomson reveló algunos de los factores que guiaron su pensamiento: «La teoría de la partícula cargada tiene, para propósitos de investigación, una gran ventaja sobre la teoría del éter, ya que es definida y sus consecuencias pueden ser predichas; con la teoría del éter es imposible predecir lo que sucederá bajo cualesquiera circunstancias dadas, ya que en esta teoría estamos tratando con fenómenos, hasta ahora no observados, en el éter, de cuyas leyes somos ignorantes. Los siguientes experimentos fueron hechos para probar algunas de las consecuencias de la teoría de la partícula cargada (Arons, 1970, p. 782).

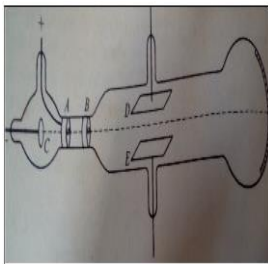




Thomson, con un bulbo como el que se muestra en la figura, experimentó para “demostrar que los rayos catódicos continúan transportando carga negativa aun cuando sean desviados de su trayectoria original. Cuando el tubo era encendido, el electrómetro no mostraba carga; cuando el haz catódico era desviado magnéticamente de manera que entrara a la copa, el electrómetro indicaba la colección de carga negativa. <Este experimento demuestra, escribió Thomson, que no importa cómo debemos y desviemos los rayos catódicos por medio de fuerzas magnéticas, la carga negativa sigue la misma trayectoria que los rayos y esta carga negativa está indisolublemente relacionada con los rayos catódicos> (Arons, 1970, p.783).

Después Thomson atacó otro problema determinante: <Una objeción dirigida muy generalmente contra el punto de vista de que los rayos catódicos son partículas cargadas negativamente, es que hasta la fecha ninguna desviación de los rayos ha sido observada bajo la acción de una pequeña fuerza electrostática...Hertz hizo que los rayos se desplazaran entre dos placas metálicas paralelas colocadas dentro del tubo de descarga, pero encontró que no eran desviados cuando las placas eran conectadas con una batería de acumuladores; repitiendo este experimento, al principio obtuve el mismo resultado, pero experimentos subsecuentes demostraron que la ausencia de desviación se debe a la conductividad dada al gas enrarecido por los rayos catódicos. Al medir esta conductividad se encontró que disminuía muy rápidamente conforme se aumentaba el vacío; parecía que al hacer el experimento de Hertz con vacíos muy altos podría haber la oportunidad de detectar la desviación de los rayos catódicos por medio de una fuerza electrostática> (Arons, 1970, p. 783).

Thomson se dio cuenta de que los rayos catódicos, así como los rayos x, inducía la conductividad en los gases y estaba bien preparado para suponer las posibles consecuencias. Como sucedió, técnicas de vacío recién desarrolladas hicieron posible que él probara sus ideas alcanzando un vacío suficientemente alto para suprimir la conductividad.



Thomson describe uno de sus experimentos de la siguiente manera: Los rayos del cátodo C pasan a través de una rendija en el ánodo A, el cual es un tapón metálico que embona perfectamente dentro del tubo y que está conectado a tierra; después de pasar a través de una segunda rendija en otro tapón metálico B conectado a tierra, viajan entre dos placas para lelas de aluminio de aproximadamente cinco milímetros de largo y dos de ancho y separadas una distancia de 1,5 cm; después inciden sobre el extremo del tubo y producen un punto fluorescente angosto bien definido. Una escala fijada sobre el exterior del tubo sirve para medir la desviación de ese punto” (Arons, 1970, p. 784).

A altos vacíos los rayos eran desviados cuando las dos placas de aluminio se conectaban con una batería de pequeños acumuladores; los rayos bajaban cuando la placa superior estaba conectada con el polo negativo de la batería, el inferior con el positivo y subían cuando las conexiones eran invertidas. La desviación era proporcional a la diferencia de potencial entre las placas y pude detectar la



desviación cuando la diferencia de potencial era tan pequeña como dos volts (Arons, 1970, p. 784).

Solamente cuando el vacío era bueno es cuando tenía lugar la desviación, pero que la ausencia de desviación es debida a la conductividad del medio se demuestra por lo que ocurre cuando el vacío apenas ha alcanzado la etapa en la cual la desviación comienza. En esta etapa hay una desviación de los rayos cuando las placas son conectadas primero con las terminales de la batería, pero si se mantiene esta conexión el punto de fluorescencia regresa gradualmente a su posición inicial sin desviarse. Esto es exactamente lo que sucedería si el espacio entre las placas fuera un conductor, aunque uno muy malo, pues entonces los iones positivos y negativos entre las placas se difundirían lentamente hasta que la placa positiva quedara cubierta con una capa de iones negativos, la placa negativa con positivos; en esta forma la intensidad eléctrica entre las placas desaparecería y los rayos catódicos quedarían libres de la fuerza electrostática (Arons, 1970, p. 785).

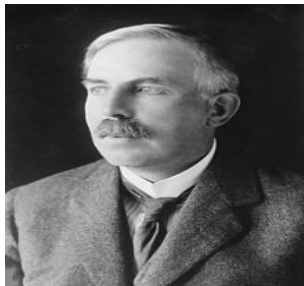
Como los rayos catódicos llevan una carga de electricidad negativa, son desviados por una fuerza electrostática como si estuvieran negativamente cargados y sobre ellos actuaría una fuerza magnética en la misma forma en que esta fuerza actuaría sobre un cuerpo cargado negativamente moviéndose a lo largo de la trayectoria de estos rayos. No puedo escapar a la conclusión de que son cargas de electricidad llevadas por partículas de materia (Arons, 1970, p. 785).

La profunda intuición de Thomson lo condujo a un experimento que se sumaba significativamente a la evidencia cualitativa respecto a la naturaleza de los rayos catódicos, pero el también vio en este experimento otra posibilidad; una posibilidad que hace su nombre inmortal dentro de la física experimental: <La cuestión inmediatamente aparece; ¿qué son estas partículas? ¿Son átomos o moléculas, o materia en un estado de subdivisión aún más fino? Para arrojar alguna luz sobre este punto, he hecho una serie de medidas de la razón de la masa de estas partículas a la carga portada por ellas> (Arons, 1970, p. 785).

Thomson hizo mediciones de la razón de carga a masa del haz catódico en tubos con electrodos de diferentes metales (aluminio, platino, hierro) y con diferentes gases (aire, hidrógeno, dióxido de carbono) presentes inicialmente y permaneciendo en pequeñas cantidades después de haberse el hecho el vacío...Thomson llegó a la conclusión de que las partículas cargadas negativamente tienen la misma razón de carga a masa en todos los haces catódicos independientemente del material del electrodo y del gas que se encontraba alrededor y que, posiblemente, se encontraría que todas las partículas tendrían la misma carga y la misma masa cuando llegara a ser posible determinar estas dos propiedades separadamente, en esta consideración, Thomson denotó la carga de las partículas por un símbolo en particular,  $e$ , en lugar de usar un símbolo general para una cantidad arbitraria de carga...Mediciones más precisas confirman completamente la conclusión de Thomson respecto a la constancia de  $e/m$  en diferentes tubos con diferentes gases y electrodos. Se ha establecido que hasta tres cifras significativas:  $e/m = 1,76 \times 10^{11}$  coul/kg, que es aproximadamente el doble del valor originalmente reportado por Thomson...Thomson creyó que la naturaleza particular de los rayos catódicos estaba completamente demostrada y excluía cualquier posibilidad de una interpretación ondulatoria (Arons, 1970, pp. 788-789).



En una conferencia dictada poco antes de su muerte en 1937, Ernest Rutherford describió el impacto producido por el descubrimiento de Roentgen en los siguientes términos:



Pocos de ustedes pueden posiblemente darse cuenta de la enorme sensación producida por el descubrimiento de los rayos X por Roentgen en diciembre de 1895. Interesó no solamente al científico, sino también al hombre común, quien estaba excitado por la idea de ver su propio interior y sus huesos. Todos los laboratorios del mundo sacaron sus viejos tubos de Crookes para producir rayos X.... (Barrachina, s/f, p. 4).

Y luego continuaba describiendo los pasos que llevaron a otro sensacional descubrimiento:

Estos antiguos tubos de Crookes mostraron que los rayos catódicos tienen el poder de causar una fosforescencia brillante en un gran número de sustancias y también se observó que los rayos X parecían venir de los puntos sobre los cuales aquellos incidían. Esto llevó a pensar que los rayos X podrían estar relacionados en alguna forma con la fosforescencia. Quizás esas sustancias fosforescentes podrían emitir rayos X. Un número de investigadores en el continente hizo experimentos sobre este asunto, entre otros Henri Becquerel de Paris. Esto ocurría a los dos meses del anuncio del descubrimiento de Roentgen. Su padre, un profesor, también había estado muy interesado en la fosforescencia, particularmente en medir su duración. Y también había estado interesado en las propiedades poco comunes mostradas por los compuestos de uranio. Henri Becquerel ayudaba en el trabajo a su padre y quince años antes, en 1880, se había divertido haciendo unos cristales del doble sulfato de uranio y potasio, los cuales brillaban en forma hermosa cuando eran expuestos a la luz (Barrachina, s/f, p. 4).

A lo que agrega Rutherford:

En su búsqueda de una relación entre la fosforescencia y los rayos X, Becquerel colocó un número de sustancias fosforescentes, envueltas en papel negro, sobre una placa fotográfica, pero sus resultados fueron enteramente negativos. Entonces se le ocurrió probar con cristales de una sal de uranio. Primero los expuso a la (luz solar) para hacerlos fosforecer y luego los envolvió en papel negro y los colocó sobre una placa fotográfica. Después de una exposición de varias horas, al revelarse la placa, se observó un marcado efecto fotográfico. El experimento se repitió con un delgado trozo de cristal colocado entre la sal de uranio y la placa fotográfica a fin de cortar los efectos debidos a posibles vapores, pero nuevamente se obtuvo el efecto fotográfico (Barrachina, s/f, p. 4).

Y termina diciendo Rutherford:

Al principio, Becquerel supuso que la emisión de rayos que podían penetrar el papel negro estaba relacionada en alguna forma con la fosforescencia, pero más tarde demostró que los efectos eran igualmente marcados si la sal de uranio se hubiese



mantenido previamente en la oscuridad por varias semanas, de manera que no hubiera señal de fosforescencia. Más tarde demostró que todas las sales de uranio, o incluso el metal mismo, tienen el poder de producir radiación que penetra el papel negro. En esta forma, él descubrió el fenómeno que hoy en día llamamos radioactividad (Barrachina, s/f, p. 4).

Los efectos fotográficos observados por Henri Becquerel, aunque más débiles, eran similares a los producidos por los rayos X, y por lo tanto supuso que la radiación del uranio consistía de rayos X débiles. Esta errónea suposición hizo que al principio los rayos Becquerel despertaran poco interés, y que toda la atención se centrara en los rayos X más intensos producidos por la descarga de los tubos catódicos (Barrachina, s/f, pp. 4-5).

Era obvio que Thomson, después de los descubrimientos de Röntgen y Becquerel, le daría a su joven asistente (Rutherford N/A) la tarea de estudiar la radiación Becquerel. En 1899, Rutherford pudo informar lo siguiente: <Hay por lo menos dos tipos diferentes de radiación: una que se absorbe fácilmente y que para simplificar denominaremos radiación  $\alpha$ , y otra que tiene mayor capacidad de penetración que denominaremos radiación  $\beta$ >. (Lindell, 2012, p. 88).

En 1898, Rutherford...llevó a cabo un experimento en el cual colocaba capas sucesivas de hojas de papel de aluminio sobre una capa de un compuesto de un compuesto de uranio en polvo extendido sobre la placa de un condensador. Un electrómetro conectado al condensador mostraba la rapidez de decaimiento de la carga sobre el condensador conforme la radiación del uranio ionizaba el aire entre las placas. Encontró que la ionización disminuía marcadamente con las primeras capas de hojas de aluminio y después muy lentamente con la superposición de capas adicionales. Estos resultados le llevaron a la conclusión de que la radiación del uranio era compleja y consistía de dos componentes: una, capaz de penetrar solamente unos cuantos centímetros de aire o unas cuantas capas de hojas de aluminio y la otra capaz de penetrar distancias más grandes ya sea en el aire o en el aluminio. Reportando estos resultados a principios de 1899, Rutherford sugirió que las dos radiaciones fueran designadas como  $\alpha$  y  $\beta$ , respectivamente. Cuando otro investigador (Villard, en Francia, en 1900) más tarde descubrió una tercera componente; aún más penetrante, siguió la nomenclatura de Rutherford y la llamó radiación  $\gamma$  (Arons, 1970, p. 806).

La cuestión implicada es clara: ¿son estos diversos rayos manifestaciones físicas enteramente nuevas o están relacionadas con entidades o fenómenos físicos ya conocidos? Como se podría anticipar, los primeros experimentos fueron enfocados a la determinación de la influencia de campos eléctricos y magnéticos sobre los rayos...En 1899, Becquerel demostró que parte de la radiación del radio era desviada por campos eléctricos y magnéticos en la misma forma que se esperaría de partículas cargadas negativamente. Usando la técnica de Thomson de campos eléctricos y magnéticos cruzados, demostró que estos rayos presentaban la misma razón de carga a masa que los rayos catódicos, pero con velocidades considerablemente superiores. Esta componente de la radiación que rápidamente identificaba con los rayos  $\beta$  de Rutherford y en esta forma los rayos  $\beta$  (o, más precisamente, las partículas  $\beta$ ) vinieron a identificarse como electrones. Esta identificación, sin embargo, no da cuenta del origen de los electrones en el material radiactivo más que el descubrimiento inicial de Thomson daba cuenta del origen o





la fuente de las partículas en el tubo de rayos catódicos. La investigación en este punto estaba aún concentrada sobre la cuestión más restringida de la identidad o la naturaleza Física de los rayos; las cuestiones respecto a su origen formarían el tema de una investigación posterior (Arons, 1970, p. 806).

Al principio se reportó que los rayos  $\alpha$  y los  $\gamma$  no eran desviados por campos eléctricos y magnéticos. Esto, en realidad, resultó ser correcto para los rayos  $\gamma$ ; como los rayos  $x$  y la luz no son desviados por los más intensos campos. Finalmente, se demostró que los rayos  $x$  y los rayos  $\gamma$  eran radiación electromagnética, al igual que la luz, pero de mayor frecuencia y de menor longitud de onda. Rutherford demostró, sin embargo, en 1903 que los intentos de desviar los rayos  $\alpha$  habían fallado porque los campos usados en los primeros experimentos habían sido muy débiles...Trabajando con grandes electroimanes, Rutherford demostró que los rayos  $\alpha$  eran desviados como si estuvieran positivamente cargados y usando la técnica de Thomson de los campos cruzados, obtuvo una razón de carga a masa de los mismos (Arons, 1970, p. 806-807).

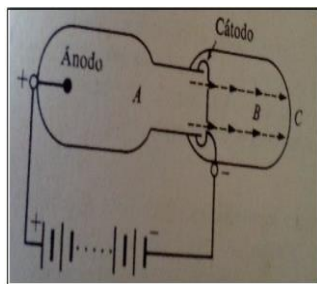
Estas ideas de Rutherford anteriormente destacadas y otras, lo llevaron a escribir, junto a Soddy, que:

...Está bien establecido que la radiactividad es función del átomo y no de la molécula...Como la radiactividad es un fenómeno atómico y simultáneamente está acompañada por cambios químicos en los cuales son producidos nuevos tipos de materia, estos cambios deben estar ocurriendo dentro del átomo y los elementos radiactivos deben estar sufriendo una transformación espontánea...La radiactividad puede, por tanto, ser considerada como una manifestación de cambio químico subatómico... (Arons, 1970, p. 806-807).

El 27 de Julio de 1886, pocos años después de la presentación realizada por Crookes, Helmholtz envió a la Academia de Berlín un trabajo realizado en el laboratorio de Postdam por un antiguo estudiante suyo, Eugen Goldstein. En este trabajo, Goldstein daba a conocer el descubrimiento de una nueva forma de radiación. Para ello había diseñado un tubo vidrio con dos compartimientos separados por un disco metálico circular con perforaciones.

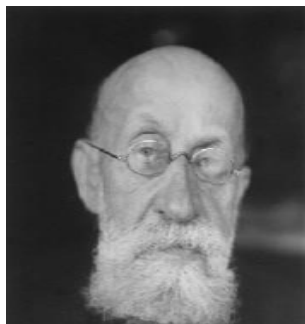
Una de las cámaras era un tubo de rayos catódicos convencional, con el disco perforado haciendo las veces de cátodo. Goldstein encontró que la descarga catódica en dicho compartimiento estaba acompañada por el paso de algún tipo de <rayos> a través de las perforaciones hacia la otra cámara. De alguna manera estos rayos se hacían visibles por el resplandor del gas residual y solo se observaban si el cátodo estaba perforado. Por lo tanto, y a causa de su aparente relación con las perforaciones o <canales> del cátodo, Goldstein denominó a esta radiación <Kanalstrahlen> o rayos canales. Sus intentos de desviar estos rayos con campos eléctricos o magnéticos no tuvieron éxito. Este era un efecto tanto o más incomprensible y evidentemente secundario frente al de la descarga catódica. Por ello se le prestó muy poca atención (Barrachina, s/f, pp. 1-2).





Cuando el disco catódico está perforado con agujeros o <canales>, una descarga de rayos catódicos en la cámara A está acompañada por la aparición de rayos que salen de cada perforación del cátodo hacia la cámara B. Estos rayos se hacen visibles por el brillo del gas a lo largo de sus trayectorias en la cámara B. En un vacío suficientemente alto, los rayos penetran al extremo del tubo de cristal y excitan una fluorescencia en C. (Arons, 1970, p.829).

En su libro Recuerdos y reflexiones, el físico inglés Thomson escribió la siguiente semblanza de Eugen Goldstein.

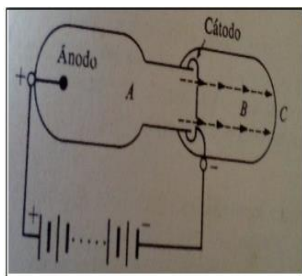


Entre los visitantes extranjeros (al congreso de la Asociación Británica en Winnipegen 1909) debo mencionar especialmente al Dr. E. Goldstein de Berlín, uno de los primeros investigadores de la descarga de electricidad en gases y quien, en el curso de investigaciones que se extendieron por más de cincuenta años, descubrió muchos y muy importantes fenómenos. Era estudiante de Helmholtz y trabajó primero en el Laboratorio de Física de Berlín y más tarde en el Observatorio de Postdam. Su primer trabajo fue publicado en 1874 y fue seguido por una rápida sucesión de otros, cada uno conteniendo descubrimientos interesantes. Por estos descubrimientos recibió

la medalla Hughes de la Real Sociedad en 1908. Murió en 1930, a la edad de ochenta años (Barrachina, s/f, pp. 1-2).

En 1886, aún no había una manera clara de imaginar o comprender los fenómenos de descarga primaria y, como podría esperarse, se le puso poca atención al efecto incomprensible de Goldstein. Por 1897, sin embargo, con la demostración de Perrin y Thomson de que los rayos catódicos transportaban carga negativa, con los primeros resultados cuantitativos de Thomson apoyando el punto de vista de que los rayos catódicos consistían de partículas negativamente cargadas de masa subatómica, se hizo posible la formulación de hipótesis sobre la naturaleza de los rayos canales. En 1898, poco después del impacto de Thomson, Wilhelm Wien publicó un trabajo...dedicado al problema, donde plantea que, <Después que se demostró que la carga de los rayos catódicos era negativa, me vino la idea de que los rayos canales observados por Goldstein, los cuales no pueden ser desviados apreciablemente por imanes ordinarios y que avanzan en sentido inverso a través de un cátodo perforado, podrían llevar carga positiva> (Arons, 1970, p. 829).

Wien supuso que los intentos anteriores de observar la desviación eléctrica y magnética de los rayos canales pudieron no haber utilizado campos suficientemente intensos. También estaba preocupado por el hecho de que efectos eléctricos o magnéticos intensos aplicados a la cámara B podrían perturbar o alterar los efectos que ocurrían en el tubo de descarga A.



Aisló el tubo A de tal influencia, rodeándolo con una pesada capa de hierro, una de cuyas placas formaba el cátodo. Wien, al respecto escribe que: <Pude observar la desviación electrostática de una manera simple. Un agujero de dos milímetros de diámetro se hizo en el cátodo... Cuando el vacío era suficiente, de la perforación salía un haz de rayos canales que producían un punto de fluorescencia, del bien conocido color amarillo verdoso, sobre el vidrio de la pared a una distancia de nueve centímetros de la placa... Este haz de rayos

pasaba entre las dos placas de un condensador colocado dentro de la cámara B y era desviado cuando se aplicaba a las placas una diferencia de potencial de 2000 volts... Lo desviado alcanzó seis milímetros. El haz fue atraído por el electrodo negativo> (Arons, 1970, p. 830).

Wien “aplicando la técnica de Thomson de campos eléctricos y magnéticos cruzados... obtuvo valores promedio del orden de magnitud de la razón de carga a masa...  $q/m \sim 3 \cdot 10^6$  coul/kg... (Arons, 1970, p. 830).

Todos los trabajos anteriores conllevaron al Modelo Atómico de Thomson. Para analizar el origen de este modelo, nada mejor que analizar los trabajos de Charles Baily y Arnold B. Arons. Del primero, *Early Atomic Models—From Mechanical to Quantum* (1904-1913), que en español sería *Los primeros modelos atómicos -desde los mecánicos hasta el cuántico-* (1904-1913); y del segundo, *Evolución de los conceptos de la Física*. A continuación, se hace un resumen de las principales ideas desarrolladas en ambos trabajos.

La introducción al ensayo de Maxwell de 1857, <Sobre la estabilidad del movimiento de los Anillos de Saturno>, contiene una declaración concisa del tema central de su análisis, pero también el de todo un programa de investigación por venir en modelos mecánicos del átomo. Maxwell escribe que: <Habiendo encontrado una solución particular de las ecuaciones de movimiento de cualquier sistema material, para determinar si una leve alteración del movimiento indicado por la solución causaría una pequeña variación periódica, o una total alteración del movimiento> (Baily, s/f, pp. 6-10).

El comité de premios de ese año había preguntado si la estabilidad a largo plazo de Saturno los anillos podrían explicarse sobre principios dinámicos, bajo el supuesto de que eran ya sea sólido, líquido o compuesto de partículas. En respuesta a este desafío, Maxwell ejerció simultáneamente una serie de técnicas matemáticas (en particular, análisis de Fourier y mecánica Lagrangiana) para mostrar primero que un anillo uniformemente sólido sería dinámicamente inestable, y que un anillo líquido debe finalmente romperse en gotas desconectadas” (Baily, s/f, pp. 6-10).

La posibilidad restante era que los anillos estuvieran compuestos por componentes independientes partículas (ya sean sólidas o líquidas), cada una moviéndose bajo la influencia gravitacional de la masa central, así como la de todas las otras partículas en órbita... Si el movimiento de las partículas debía ser permanente, las soluciones a estos conjuntos de las ecuaciones diferenciales tendrían que ser todas



sinusoidales (las partículas oscilarían sobre sus posiciones de equilibrio); soluciones exponenciales correspondieron al anillo rompiéndose en pedazos. Esto impuso restricciones básicas en las propiedades del sistema, la mayoría notablemente, la masa del cuerpo central tendría que ser sustancialmente mayor que la suma de las masas en órbita (Baily, s/f, pp. 6-10).

En otra ocasión, el comité había pedido una <investigación general de la acción uno sobre otro de dos vórtices cercanos en un fluido incompresible perfecto>, un tema que fue de interés para los físicos matemáticos, particularmente desde que Maxwell había descrito las líneas de fuerza de Faraday en términos de vórtices en un medio electromagnético. La simplicidad fundamental de las ideas más recientes de Kelvin apeló a J. J. Thomson, que todas las diversas propiedades de los materiales podrían ser explicado en términos de la dinámica de los vórtices etéreos (Baily, s/f, pp. 6-10).

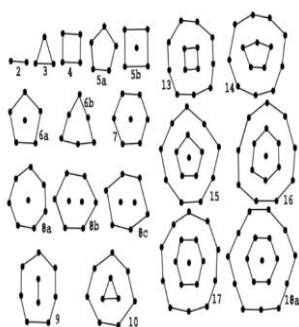
De acuerdo a Thomson, las ecuaciones que determinaron este movimiento eran conocidas por las leyes de la hidrodinámica, de modo que, si la teoría fuera cierta, la solución del problema del universo se reduciría a la solución de ciertas ecuaciones diferenciales, y sería enteramente una cuestión de desarrollar métodos matemáticos lo suficientemente potentes para lidiar con lo que sin duda serían complejas distribuciones del movimiento de vórtices en el fluido (...). La investigación (...) involucró un análisis matemático largo y complicado y tomó mucho tiempo (...). Sin embargo, obtuve algunos resultados e ideas interesantes que encontré valiosas en relación con la teoría de la estructura del átomo.... (Baily, s/f, pp. 6-10).

Las dos primeras partes del ensayo de Thomson trataron las matemáticas que describen un solo vórtice en un fluido ideal, y luego dos vórtices separados por una distancia grande en comparación con sus radios, que solo podrían haber sido suficientes para satisfacer los requisitos del comité. La tercera y cuarta parte desarrolló una comprensible teoría integral de los vórtices en los átomos, donde Thomson consideró por primera vez la interacción de dos vórtices en proximidad cercana, encontrando que un movimiento uniforme estable era posible cuando ellos eran de igual magnitud en cuanto a fuerza aplicada y giraban en torno a un centro común. Para tres o más vórtices idénticos, todos dispuestos en un plano a intervalos regulares alrededor de la circunferencia de un círculo (dejó en claro que esto no era la configuración más general), cualquier pequeña perturbación podría hacer que se ejecuten de manera estable oscilaciones sobre sus posiciones de equilibrio, pero solo si hubo menos de siete de ellos. Thomson calculó los períodos de estas oscilaciones para cada caso, y demostró que el sistema sería dinámicamente inestable si hubiera más de seis vórtices en un anillo (Baily, s/f, pp. 6-10).

Más allá de la conveniencia matemática, la elección de Thomson de trabajar con vórtices distribuidos simétricamente podría estar motivado físicamente con una analogía para las disposiciones estáticas de los imanes flotantes bajo la influencia de una fuerza central, así reportado por Alfred Mayer en 1878. Mayer había pegado agujas magnetizadas en pedazos de corcho con los extremos del sur apuntando hacia arriba, de modo que todos estaban mutuamente repelidos, pero cada uno atraído hacia el extremo norte de un imán de barra colocado en el centro (Baily, s/f, pp. 6-10).



Esta combinación de empujar y tirar hizo que las agujas flotantes se reorganizaran en polígonos regulares, al igual que los vórtices de Thomson. Con  $n = 5$ , dos arreglos estáticos fueron posibles: un pentágono [5a] y un cuadrado con una aguja en el centro [5b]; pero solo el pentágono era estable frente a perturbaciones externas. Anillos estáticos de seis, siete y más eran posibles con agujas interiores adicionales, que se establecieron en patrones estables a medida que aumentaron sus números (es decir, la configuración para 5a podría formar el núcleo de  $n = 14$ , mientras que 5b no podría)...Mayer pensó que estas reglas simples podrían proporcionar una idea de varias propiedades moleculares (como la alotropía y el isomerismo), pero era el futuro Señor Kelvin, quien primero hizo la conexión entre las configuraciones estáticas de la imanes y aquellos para átomos de vórtices en un estado de equilibrio mecánico” (Baily, s/f, pp. 6-10).



La figura muestra las “disposiciones estáticas para  $n = 2 - 20$  agujas magnéticas flotantes (todas con sus polos sur orientados verticalmente), bajo la influencia atractiva de un imán de barra central. Si múltiples configuraciones estáticas fueron posibles para una  $n$  dada, solo aquellas denotadas por una “a” fueron estables contra las perturbaciones” (Baily, s/f, pp. 6-10).

Thomson también usó su modelo de vórtice para explicar la combinación química de los elementos, asociando el número de vórtices primarios en un átomo con su valencia (cada vórtice primario podría ser reemplazado por un subsistema estable de vórtices secundarios, si la fuerza neta del subsistema es igual a

la fuerza de las otras primarias). Por lo tanto, un átomo que contiene dos vórtices (una díada) podría combinarse con dos átomos que tienen cada uno un vórtice único (una mónada), para formar un átomo estable con dos primarias (cada una un subsistema de dos vórtices secundarios). La combinación miríada de mónadas, díadas, tríadas, etc. eran innumerables, pero limitadas por un requisito de que los vórtices se dividan en primarios de igual fuerza, y que no haya más de seis en un anillo. En este último hallazgo, Thomson afirmó que también estaba de acuerdo con los hechos químicos, ya que no se conocían compuestos gaseosos de un elemento combinados con más de seis átomos de otro. (Baily, s/f, pp. 6-10).

Ya considerada la teoría corpuscular de la materia, Thomson escribe que:

Después de varias consideraciones sobre los experimentos me parece que no se puede escapar de las siguientes conclusiones: (1) Que los átomos no son indivisibles, porque partículas electrificadas negativamente pueden ser separadas de ellos por la acción de fuerzas eléctricas, impacto de átomos moviéndose con rapidez, luz ultravioleta o calor. (2) Que estas partículas son todas de la misma masa, y llevan la misma carga de electricidad negativa de cualquier clase de átomo que ellas puedan ser derivadas, y son constituyentes de todos los átomos. (3) Que la masa de estas partículas es menor que una milésima parte de un átomo de hidrógeno (Baily, s/f, pp. 6-10).

Convencido de que estos corpúsculos eran componentes universales de la materia, Thomson decidió relacionar lo que ya sabía sobre los átomos de vórtice para unir sistemas de cargas discretas. Volvió a llamar la atención sobre los imanes de Mayer, afirmando que la periodicidad en las configuraciones de anillos concéntricos sugirió una analogía con la periodicidad en las propiedades químicas y espectrales





de los elementos, pero en 1897 todavía tenía que proponer algo más que una imagen cualitativa de los átomos corpusculares. Al tener la misma carga, un sistema de corpúsculos dinámicamente estable sería imposible sin algún tipo de carga positiva compensatoria para mantener todos juntos (como el imán de barra de Mayer para las agujas). Incapaz de explicar la neutralidad eléctrica de un átomo como manifestación de su carga negativa constituyente, Thomson no tuvo más remedio que inventar una mancha hipotética de carga atómica positiva, que comparó (crudamente) con <un líquido con una cierta cantidad de cohesión, suficiente para evitar que vuele en pedazos bajo su propia repulsión>. Thomson nunca creyó en la verdad literal de sus analogías mecánicas, y prefirió desestimar cualquier interpretación física de esta <electrificación positiva> (Baily, s/f, pp. 6-10).

Se propusieron partículas subatómicas cargadas positivamente, pero nunca se observaron. Goldstein había descubierto rayos cargados positivamente durante los experimentos de cátodos informados en 1886, pero solo se conocían en ese momento como el tener una relación carga-masa similar al hidrógeno ionizado... No fue sino hasta después de que se desarrolló el concepto de isotopía que los físicos pudieron identificar estos <rayos positivos> como tritio ionizado individualmente (un isótopo de hidrógeno, con un protón y dos neutrones), y no triatómico hidrógeno (como lo propuso Thomson en 1913) (Baily, s/f, pp. 6-10).

Independientemente de si se suponía que la carga positiva tenía alguna sustancia (o incluso realidad), las ecuaciones que derivó en 1904 describieron el periódico movimiento de corpúsculos en una región del espacio cargada positivamente, y no contenía términos de amortiguación viscosa, lo que significa que los electrones eran libres de moverse alrededor de su átomo sin resistencia. El modelo dinámico de Thomson, por lo tanto, podría verse como un generalización del átomo expuesto por Kelvin en un artículo de 1902, donde él saca a la luz, la <teoría de la electricidad de un fluido> de Franz Aepinus (1724–1802). Como describió Kelvin, Aepinus propuso la existencia de un sistema fluido eléctrico cargado negativamente que impregnaba todo el espacio y fluía libremente <entre los átomos de materia ponderable>. Las distribuciones de carga negativa (y positiva) podrían verse, así como regiones del espacio con un exceso (o deficiencia) de este fluido ideal. La propuesta de Kelvin era que tal fluido podría estar compuesto de una multitud de pequeños, "átomos de electricidad" negativamente cargados que se movían sin resistencia dentro de átomos esféricos positivamente cargados (Baily, s/f, pp. 6-10).

El objetivo de Kelvin era deducir las configuraciones espaciales de cargas puntuales negativas en un estado de equilibrio estático dentro de un átomo cargado positivamente. Dos de sus suposiciones explícitas fueron que: (A) los átomos con carga positiva se repelen entre sí de acuerdo con una ley del cuadrado inverso (de acuerdo con los descubrimientos de Cavendish y Coulomb); y (B) las partículas cargadas negativamente dentro de un átomo son atraídas a su centro por una fuerza que es directamente proporcional a su distancia radial. Una aplicación directa de la ley de Gauss demostraría que en el interior el campo de este átomo solo podría estar radialmente hacia afuera y aumentar linealmente si la carga positiva era esféricamente simétrica y uniformemente distribuida (Baily, s/f, pp. 6-10).

El modelo de Kelvin era estático, pero Thomson estaba interesado en la estabilidad dinámica de los corpúsculos atómicos que ejecutan el movimiento orbital, lo cual lo





motivó físicamente al sugerir una conexión con la radiactividad: <... supongamos que los átomos de una sustancia, como los átomos de sustancias radiactivas, estaban continuamente emitiendo corpúsculos; la velocidad de los corpúsculos considerados, sin embargo, eran insuficientes para llevarlos fuera del átomo, de modo que los corpúsculos describían órbitas alrededor del centro del átomo ...>

En 1903, Thomson había investigado rigurosamente los campos electromagnéticos producidos mediante un sistema de cargas en rotación constante, dispuesto en un plano a intervalos iguales alrededor de un anillo (pero en ausencia de una carga positiva). Esto se hizo explícitamente en anticipación del trabajo futuro, y sus resultados tendrían implicaciones importantes para la estabilidad radiactiva de sus átomos (Baily, s/f, pp. 6-10).

Resumiendo, todas las ideas de Thomson, en cuanto a su modelo atómico, puede decirse que:

...con el descubrimiento del electrón y el conocimiento de que casi la totalidad de la masa de un átomo debe estar asociada con la porción cargada positivamente, fue posible inventar y probar modelos de estructura atómica; uno de los primeros que publicó numerosos trabajos en este campo, fue J.J. Thomson. En conferencias dadas en Yale en 1903 y en la Royal Institution en 1906, Thomson resumió algunas de sus ideas: <Hemos visto que si producimos los corpúsculos (electrón N/A) por medio de rayos catódico, luz ultravioleta, o de metales incandescentes y cualesquiera que sean los metales o gases presentes, siempre obtenemos la misma clase de corpúsculos. Como corpúsculos semejantes en todo respecto pueden ser obtenidos a partir de agentes y materiales muy diferentes y como la masa de los corpúsculos es menor que la de cualquier átomo conocido, vemos que el corpúsculo debe ser un constituyente del átomo de muchas diferentes sustancias...

Así, nos vemos confrontados con la idea de que los átomos de los elementos químicos están compuestos por sistemas más simples, una idea que en varias formas ha sido propuesta por más de un químico. Así, Proust en 1815 expuso el punto de vista de que los átomos de todos los elementos químicos están compuestos de átomos de hidrógeno; si esto fuera así, los pesos en combinación de todos los elementos, en la suposición de que no hay pérdida de peso cuando los átomos de hidrógeno se combinaran para formar el átomo de algún otro elemento, serían enteros; un resultado que no está de acuerdo con lo observado. Para evitar esta discrepancia, Dumas sugirió que el átomo primordial podría no ser el átomo de hidrógeno, sino un átomo más pequeño que tuviera solamente la mitad o un cuarto de la masa del átomo de hidrógeno. Un mayor apoyo fue dado a la idea de la naturaleza compleja del átomo por el descubrimiento por Newlands y Mendeleev de lo que se conoce como la ley periódica... Mayor evidencia en la misma dirección es suministrada por la semejanza en la estructura de los espectros de elementos dentro del mismo grupo en la serie periódica, una semejanza que el trabajo reciente sobre la existencia en espectros de series de líneas cuyas frecuencias están relacionadas por relaciones numéricas definidas ha hecho mucho para enfatizar y establecer... El fenómeno de la radiactividad... lleva el argumento más lejos aún, pues parece haber buenas razones para creer que la radiactividad se debe a cambios que ocurren dentro de los átomos de las sustancias radiactivas. Si esto es

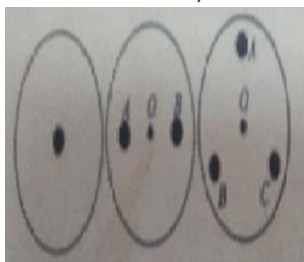


así, debemos encarar el problema de la constitución del átomo y ver si podemos imaginar un modelo que tenga en él la potencialidad de explicar las notables propiedades mostradas por las sustancias radiactivas. Puede en esta forma no ser superfluo considerar la posibilidad de la existencia de corpúsculos en el problema de la constitución del átomo y aunque el modelo del átomo al cual nos vemos dirigidos por estas consideraciones es muy crudo e imperfecto, puede quizá ser de utilidad sugiriendo líneas de investigación que probablemente nos proporcionen información sobre la constitución del átomo> (Arons, 1970, pp. 843-844).

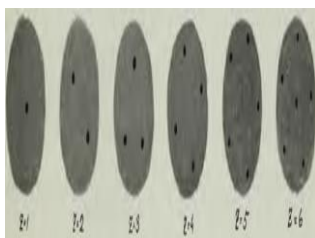
A partir de datos sobre el grado al cual un angosto haz de electrones es dispersado por su paso a través de una lámina metálica muy delgada y de datos sobre la dispersión de la luz visible y los rayos x por gases, Thomson y otros investigadores contemporáneos, notablemente Barkla, había estimado que el número de electrones en un solo átomo debía ser aproximadamente la mitad de la masa atómica relativa. Thomson delineó sus conjeturas cuantitativamente: <La forma en la cual ocurre la electricidad positiva dentro del átomo es en la actualidad un asunto sobre el cual tenemos muy poca información. Ningún cuerpo electrizado positivamente ha sido encontrado aún con una masa menor que la de un átomo de hidrógeno. Todos los sistemas electrizados positivamente en los gases a bajas presiones parecen átomos, los cuales neutros en su estado normal, han quedado positivamente cargados por la pérdida de un corpúsculo. A falta del conocimiento exacto de la forma en la cual ocurre la electricidad positiva dentro del átomo, consideraremos un caso en el cual la electricidad positiva está distribuida en la forma más conveniente para el cálculo matemático; es decir, cuando ocurre como una esfera de densidad uniforme a través de la cual están distribuidos los corpúsculos.

La electricidad positiva atrae los corpúsculos hacia el centro de la esfera, mientras que su repulsión mutua los aleja de él; cuando están en equilibrio, estarán distribuidos de manera tal que la atracción de la electrificación positiva está balanceada por la repulsión de los otros corpúsculos.

Consideremos ahora el problema de cómo 1, 2, 3..., n corpúsculos se distribuirían si fueran colocados dentro de una esfera con electricidad positiva de densidad uniforme, siendo la carga negativa total sobre los corpúsculos equivalentes a la carga positiva en la esfera. Cuando existe solamente un corpúsculo irá al centro de la esfera...



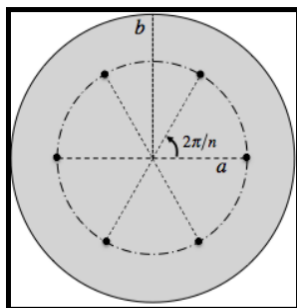
Quando hay dos corpúsculos dentro de una esfera con electricidad positiva se situarán, cuando estén en equilibrio, en dos puntos A y B en una recta que contiene el centro O de la esfera y tal que  $OA=OB=a/2$ , donde a es el radio de la esfera (...) Tres corpúsculos dentro de una esfera estarán en equilibrio estable cuando estén en los vértices de un triángulo equilátero cuyo centro esté en el centro de la esfera y cuyo lado es igual en longitud al radio de la esfera ...> (Arons, 1970, p. 844-845).



En el libro *Project Physics Course. Models of Atoms* también se muestra la distribución de electrones en el modelo de Thomson, de la manera en la que el propio Thomson la realizó. El número atómico Z (símbolo convencional que proviene posiblemente de la palabra alemana Zahl que significa número), es el número de



protones que determina el elemento químico. En la tabla periódica de los elementos químicos se ordenan los mismos según la ley de Moseley. Esta posición de los electrones en el modelo de Thomson es porque el átomo es eléctricamente neutro y no polar (Contreras y otros, 2019, p. 57-59).



El átomo dinámico inicialmente propuesto por Thomson en marzo de 1904 consistía de una esfera uniforme de carga positiva y un solo anillo de corpúsculos de carga negativa dispuestos simétricamente... Sus cálculos se dedicaron a anillos con menos de siete cargas, similar a los imanes de Mayer y las partículas de los anillos de Saturno... el movimiento de cada carga se regía solo por su acción electrostática hacia el centro de la esfera, y por la repulsión de cada uno de las otras cargas negativas. La figura muestra el diagrama del modelo atómico de Thomson de 1904. Una esfera uniforme de carga positiva

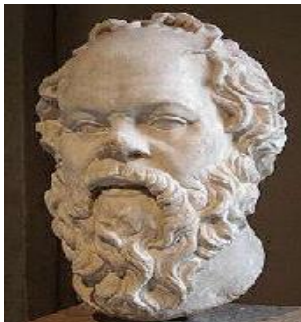
(región sombreada, de radio  $b$ ) contiene  $n$  cargas puntuales negativas dispuestas en intervalos iguales alrededor de un círculo (de radio  $a$ ). El radio  $a / b = 0.6726$  para un anillo estático de  $n = 6$  cargas. Thomson continuó refiriéndose a las cargas atómicas negativas como "corpúsculos"... y para muchos años después George Stoney afirmó en 1894 haber acuñado el término electrón (Baily, s/f, p. 13).

Thomson continuó... examinando los patrones de equilibrio formados conforme más electrones eran colocados dentro del glóbulo positivo. Encontró que ciertos patrones tendían a volver a formarse y repetirse al ir aumentando el número de electrones y en esta forma indicó un posible camino hacia la explicación del sistema periódico. También obtuvo, sobre la base de este modelo atómico, explicaciones cualitativas muy ingeniosas de la reacción química, de la formación de moléculas y de la desintegración radiactiva. Habiendo usado datos sobre la dispersión de electrones, la luz y los rayos  $x$  al desarrollar su modelo atómico, Thomson era profundamente sensible al hecho de que un estudio cuantitativo mejorado sobre la dispersión podría dar mejor y más detallada información sobre la estructura atómica. En 1910, publicó un análisis teórico de la dispersión de partículas  $\alpha$  y  $\beta$  que debería esperarse cuando tales partículas pasaran a través de láminas delgadas compuestas por átomos que tuvieran la estructura de <budín> descrita en los párrafos precedentes. Demostró en particular, que una partícula  $\alpha$  que pasara a través de un arreglo de esferas cargadas positivamente saldría con muy poca desviación de su trayectoria original (Arons, 1970, p. 846).

El modelo atómico creado por Thomson lograba explicar algunos fenómenos físicos relacionados con la estructura de un átomo, pero no todos. Él era consciente de ello y hace recaer en Rutherford la tarea de comprobarlo y, de hecho, la idea de un nuevo modelo que fuera capaz de explicar todos o casi todos los fenómenos involucrados con el átomo.

## 1.8. El método teórico, experimental y la observación. El método para defender ideas científicas

El método científico, sea teórico o experimental, es de esencial importancia en el desarrollo de la ciencia y, a la vez, de su enseñanza. Observar, experimentar, inducir, deducir, entre otros, tienen que ser utilizados en la realización de cualquier investigación y descubrimiento. Además de estos métodos, los científicos se valen de otros para defender sus criterios y resultados. El método disuasivo de Galileo y la duda razonada de Sócrates son dos de ellos. Todos estos métodos y su utilización se recogen en la historia de las ciencias.



Debemos notar que Sócrates tenía una estrategia a la hora de plantear determinados problemas para ser discutidos en presencia de los demás. Al estudiar los diálogos socráticos (Menón, Protágoras, Cármides, Fedón...) se pone de manifiesto que en ninguno de ellos se llega a nada. Siempre el lector se queda con la expectativa de cuál será la respuesta a las interrogantes planteadas. En todos ellos la ignorancia prima en cada final.

En todos sus diálogos, Sócrates utiliza la mayéutica. Este es el método a través del cual el maestro hace que el alumno, por medio de preguntas, descubra conocimientos. Mayéutica es una simple palabra que se traduce como obstetricia, es decir, la que se ocupa del parto o embarazo. La madre de Sócrates, Fenáreta, era comadrona.

Sócrates modificó el significado médico que tenía mayéutica y lo reorientó al ámbito filosófico. Mientras el significado real de mayéutica es «el arte de hacer nacer», Sócrates lo focalizó en «el arte de hacer nacer o arte de dar a luz (al humano pensador)». El estilo socrático es que, a base de preguntas, el receptor de ellas medite, y él mismo, encuentre la respuesta.

En el diálogo titulado el Menón, este y Sócrates discuten sobre qué es la virtud. Hay que leerlo para disfrutar y llegar hasta reírse de la manera en que Sócrates va envolviendo a Menón con sus argumentos, preguntas y respuestas, hasta llegar a confundirlo primero, y convencerlo después de que estaba equivocado, en cuanto a su

noción de lo que es realmente la virtud. A continuación, puede leerse un pequeño escrito de este diálogo donde se manifiesta lo anterior.

Menón: ¿Podrás, Sócrates, decirme si la virtud puede enseñarse; o si no pudiendo enseñarse, se adquiere solo con la práctica; o en fin, si no dependiendo de la práctica, ni de la enseñanza, se encuentra en el hombre naturalmente o de cualquiera otra manera?

Sócrates declara su ignorancia ante el tema de la virtud y entonces Menón le increpa:

Menón: No. Pero, ¿será cierto, Sócrates, que no sepas lo que es la virtud? ¿Es posible que al volver a nuestro país tuviéramos que hacer pública allí tu ignorancia sobre este punto?"

Sin embargo, después de muchas más preguntas, respuestas y explicaciones de Sócrates hacia Menón, se llega a:

Sócrates: Sí, pues, ni los sofistas, ni los mismos hombres de bien son maestros de virtud, es claro que otros lo serán menos.

Menón: Es evidente.

Sócrates: Pero si no hay maestros, no puede haber discípulos.

Menón: Me parece lo que a ti.

Sócrates: Pero estamos conformes en que una cosa, que no tiene maestros, ni discípulos, no puede enseñarse.

Menón: Sí, estamos conformes.

Sócrates: Por ninguna parte vemos un maestro de virtud.

Menón: Es cierto.

Sócrates: Puesto que no tiene maestros, tampoco tiene discípulos.

Menón: Lo confieso.

Sócrates: Por consiguiente, la virtud no puede enseñarse.

Menón: No hay trazas de que pueda serlo, si nos damos por convencidos, como es preciso, por el resultado de este examen. Sin embargo, Sócrates; yo no comprendo que no haya hombres virtuosos; o si los hay, no entiendo de qué manera se han hecho tales (Contreras y otros, 2020, pp. 81-82).

Como puede notarse, el comenzar impetuoso de Menón hacia Sócrates acerca de lo que es la virtud, ha terminado con un Menón confuso, que no comprende ni entiende nada, a disposición de lo que diga y piense su interlocutor. Este método de la duda razonada ha sido utilizado en el proceso de enseñanza-aprendizaje de algunas disciplinas, pero son intenciones aún muy pobres, y el método de Sócrates debería



utilizarse con mayor frecuencia en las clases. Este método crea conflictos cognitivos que hacen que las mentes intenten resolverlo de manera activa y no hay mejor que la duda como fuente del conocimiento.

Debe notarse como, en el diálogo anterior, Sócrates utiliza la mayéutica, pero también la llamada ironía socrática, en la que el profesor simula ignorancia sobre lo que está enseñando, elogiando en un principio las cualidades de su interlocutor (estudiante) para, después, hacer comprender a este que lo que creía saber en realidad no lo sabe y que su conocimiento estaba basado en prejuicios o costumbres. Koyré, es quizás quien mejor define el método de Sócrates.

Con sus preguntas, insidiosas y precisas, con su dialéctica implacable y sutil, Sócrates no tarda nada en demostrarnos la debilidad de los argumentos de su interlocutor, la falta de fundamento de sus opiniones y la inanidad de sus creencias; pero cuando acorralado, se resuelve éste contra él y le preguntan a su vez “Y tú, Sócrates, ¿Qué piensas de eso?”, Sócrates se zafa: no es asunto suyo, dice, exponer opiniones ni formular teorías; su papel es el de examinar a los demás, y por su parte solo sabe una cosa: que no sabe nada (Koyré, 1966, p. 24).

Sócrates era todo un sofista que utilizaba trampas dialécticas para embaucar a aquellos que enfrentaba, y por ello, el hecho de que solo sabe que no sabe, entraña una verdad solo a medias, porque sí sabe algo, y es que no sabe nada.

Este método utilizado por Sócrates se basa en la indagación y en la dialéctica para analizar y buscar la verdad, cuestiona todo aquello que se sabe o se asimila, elimina las pretensiones de certeza y busca detalles para llegar a un entendimiento general o a una comprensión más profunda de un tema particular.

Este método socrático en una clase se realiza a través de una cadena de preguntas y respuestas, gracias al cual el pensamiento del estudiante se incorpora por la acción del profesor en el proceso dialéctico que genera el debate. Las preguntas tienen que estar concatenadas, no aisladas, de lo contrario el método señalado no daría sus frutos. El diálogo tiene que darse en la concatenación de los conceptos.



Por su parte, Aristóteles, utilizaba un método que se le conoce como los peripatéticos y a la escuela fundada bajo este método



se denominó Escuela Peripatética. Todas las ciencias, ya sean naturales o sociales están conectadas al mundo exterior, a todos los tipos de movimientos, al mecánico, al físico, al químico, al biológico y al social, ello es esencial. La utilización del método de los peripatéticos, utilizado por Aristóteles, es muy útil en el afán anterior.

Que el profesor utilice ambientes de aprendizaje no formales (la calle, el barrio, el campo) con sus alumnos y que les pregunte por qué el cielo es azul, por qué se despeina el pelo, por qué el arcoíris tiene colores, por qué iluminan las estrellas, por qué los seres humanos son tan inconformes, entre otras cuestiones. Las respuestas que el profesor logre obtener del estudiante podrán distinguirse de la simple lógica y despertarán el interés y los alumnos logran motivarse.

La escuela anteriormente mencionada, tomaba como ambiente de aprendizaje al jardín que poseía, por los que paseaban tanto el profesor como sus alumnos, reflexionando sobre la vida, filosofando sobre la misma y sobre la naturaleza en su conjunto. Aristóteles fue discípulo de Platón en la Academia de Atenas y, a la vez, fue maestro de Alejandro Magno. Fue quien fundó el Liceo en Atenas.

En la Academia de Platón se trabajaba sobre el razonamiento deductivo y la representación matemática; mientras que en el Liceo de Aristóteles se trabajaba en base al razonamiento inductivo y la descripción cualitativa. La interacción entre estos dos enfoques distintos de la ciencia ha llevado a la mayoría de los avances posteriores.

Aristóteles siguió a Platón al considerar que el conocimiento abstracto, en este caso el de las matemáticas, es superior a cualquier otro, pero discrepó en cuanto al método apropiado para alcanzarlo. Aristóteles mantenía que casi todo el conocimiento se deriva de la experiencia, ya que este creía más en el conocimiento de la naturaleza y en la física especialmente.

Aristóteles (384-322 a. C), como muchos de sus contemporáneos, estaba fascinado por la potencia del método lógico deductivo, que él mismo contribuyó a fundamentar, absolutamente convencido de su capacidad para obtener resultados verdaderos a partir de principios verdaderos. Por ello, una vez fijadas unas verdades autoevidentes de partida (obtenidas usualmente por la observación y la inducción), los resultados obtenidos serán ciertos sin ninguna duda y, por tanto, no hace falta confrontarlos con la realidad. Ciertamente, Aristóteles no explicitó este argumento, y muchas veces (aunque no siempre) intentó justificar sus deducciones



apelando a hechos observables concretos. Pero la enorme influencia de Aristóteles en los pensadores posteriores hizo que en muchos casos desdeñaran comprobar sus deducciones por la experimentación. Solo así se puede explicar la gran cantidad de teorías absurdas sobre distintos aspectos de la realidad, discutidas y aceptadas en los siglos posteriores que, con una simple observación, con más información e instrumentos de medición más precisos que los que disponía Aristóteles, hubieran quedado desechadas (Bombal, 2014, pp. 55-60).

Debe destacarse que, esencialmente, los métodos y resultados científicos modernos aparecieron en el siglo XVII gracias a Galileo al combinar las funciones de erudito y artesano. A los métodos antiguos de inducción y deducción de Aristóteles y Platón, este añadió la verificación sistemática a través de experimentos planificados, en los que empleó instrumentos científicos de invención como el telescopio, el microscopio o el termómetro. A finales del siglo XVII se amplió la experimentación, el matemático y físico Evangelista Torricelli empleó el barómetro; el matemático, físico y astrónomo holandés Christiaan Huygens usó el reloj de péndulo; el físico y químico británico Robert Boyle y el físico alemán Otto von Guericke utilizaron la bomba de vacío. Todo lo anterior es recogido en la historia de las ciencias. Debe destacarse que:

...la Historia de las Ciencias, permite llegar a una comprensión más humana y exacta de la naturaleza del conocimiento del cual se trate, ya sea físico, químico, biológico, etc. A través del conocimiento profundo de la misma, se puede llegar a determinar el proceso mediante el cual se arriba a un concepto, principio, ley, teoría o modelo, con todos los errores y malas interpretaciones que le precedieron, evitando así, mediante la guía adecuada, que los estudiantes transiten por los mismos obstáculos que los científicos encontraron en el camino para concretar objetivamente estos contenidos (Contreras y otros, 2020, pp. 24-25).

La Historia de las Ciencias enseña que cada conocimiento científico alcanzado es obra del trabajo de muchos científicos en su conjunto, casi siempre desarrollado en diferentes etapas históricas, lo que demuestra que la ciencia funciona más como una empresa colectiva que como una empresa individual, además, nos enseña también que los científicos trabajan en base tanto a las relaciones intradisciplinarias como interdisciplinarias que se establecen en una misma ciencia, o de esta con las demás, lo que se refleja en los productos tecnológicos, en la cultura general, en la sociedad, en fin, en todas las esferas del conocimiento (Contreras y otros, 2020, p. 25).

Como la Historia de las Ciencias la hacen los hombres y mujeres que se dedican a la investigación científica, pues cada conocimiento aportado es un conocimiento humanizado, con todas las complejidades que el mismo entraña, encontrado por la aplicación del método científico, lo que permite extrapolarlo al área de la educación, permitiendo esto el acercamiento a la forma de pensar y de actuar de los científicos, por parte de los estudiantes y profesores, lo cual es una fuente de formación de valores éticos (Contreras y otros, 2020, p. 25).



Pero no solo se forman valores éticos a través del conocimiento de la Historia de las Ciencias, también se forman los conceptos, principios, leyes, teorías y modelos, de una manera más sólida en la estructura cognitiva de profesores y estudiantes, porque se estudian los mismos y se imparten desde la evolución que cada uno tuvo en el transcurso del tiempo; además, de esta manera se llega a la conformación del cuadro físico, químico, entre otros, del mundo (Contreras y otros, 2020, p. 25).

Cuando se estudia la Historia de las Ciencias se aprende que cada conocimiento nuevo, para ser aceptado, tiene que ser sometido a la mirada experimental, transcurriendo el camino de la contemplación viva, al pensamiento abstracto y de este a la práctica como criterio de la verdad. También se aprende con la misma, que la obtención de nuevos conocimientos no siempre recorre caminos fáciles, todo lo contrario, porque en ocasiones ha existido lucha y duras controversias, entre concepciones contrarias y entre científicos por la autoría de determinado descubrimiento (Contreras y otros, 2020, p. 25).

Del estudio de la historia de la ciencia se pueden encontrar los métodos científicos más utilizados y por quienes fueron puestos en práctica. Por ejemplo, Galileo, sin duda alguna, trabajó su ciencia bajo el método científico y le dio gran importancia a la relación entre la física y las matemáticas, además del valor que tiene el experimento en el estudio de la realidad. Sobre el papel de las matemáticas escribe en el Ensayador:

No se puede comprender el libro del Universo a menos que primero uno aprenda a comprender el alfabeto en que está compuesto. Está escrito en el lenguaje de las matemáticas, y sus caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas, sin las cuales es humanamente imposible comprender una sola palabra de él; sin ellos, uno vaga en un laberinto obscuro (Rooney, 2013, p.6).

Aunque Galileo era amante de las matemáticas, prefería considerarse mayormente como un <físico> que como en otras ocasiones hemos escrito, eran llamados <filósofos>, en aquel entonces. Lo escrito por él atestigua lo anterior: “En cuanto al título de mi posición deseo que, en adición al título de matemático, Su Alteza anexe el de filósofo, porque puedo alegar que he estudiado filosofía durante más años que meses matemática pura” (Altshuler, 2013, p-11).

Pero Galileo utilizaba también un método para persuadir a sus contrarios. Un ejemplo de ellos es lo que cuenta el canónigo Quarengo acerca de este.

Aquí tenemos al señor Galileo, quien a menudo en tertulias de hombres de mentalidad curiosa, hace razonamientos estupendos en torno a la opinión de Copérnico, que él cree verdadera. Razona a menudo entre quince o veinte invitados que lo atacan ardientemente, hoy en una casa, mañana en otra. Pero está tan bien fundamentado que se burla de todos ellos; y aunque la novedad de su opinión no deja convencida a la gente, demuestra que son vanos en su mayor parte los argumentos con que sus oponentes tratan de derrotarlo. El lunes, en particular, en

casa de Federico Ghisilieri, realizó maravillosas hazañas; y lo que más me gustó fue que, antes de responder a los argumentos contrarios, los extendió y reforzó con nuevos fundamentos que parecían irrefutables, de suerte que, al demolerlos seguidamente, hizo que todos sus oponentes se vieran de lo más ridículos (Altshuler, 2013, p. 30).

El siglo XVII tuvo la dicha de contar con tres grandes hombres de ciencias que le dieron la misma importancia, aunque desde visiones diferentes al experimento y su valor, en fin, al método científico. El filósofo inglés Francis Bacon (1561-1626), el matemático francés René Descartes (1569-1650), y el físico italiano Galileo Galilei (1564-1642), de quien ya se ha estado hablando aquí.

La contradicción principal de la época del siglo XVII en la esfera de la ciencia consistía en que muchas ramas de las ciencias naturales estaban muy atrasadas respecto al elevado nivel de los conocimientos tecnológicos. Los ingenieros y diseñadores necesitaban indicaciones científicas para guiarse con el fin de orientarse rápidamente en los procesos tecnológicos (Daniushenkov y Corona, 1991, p. 51).



Bacon caracterizaba el estado de la ciencia en este periodo histórico como:

Las ciencias que ahora nosotros tenemos, no son otra cosa sino la esencia de cierta combinación de cosas ya conocidas y no las vías de descubrimiento e indicación de asuntos nuevos. Si usted suprime de la historia natural, las fábulas, las observaciones referidas a la antigüedad, las discusiones vacías en la palabra, la filosofía y el adorno, usted se convencerá que ella se convierte en nada (Daniushenkov y Corona, 1991, p. 51).

La contradicción indicada se pudo resolver mediante la generalización científica de la experiencia técnica, las investigaciones experimentales y teóricas. Respecto al experimento se puede decir que los sabios del siglo XVII lo encaminaban hacia la elaboración y perfeccionamiento de los métodos de medición para la fabricación de nuevos aparatos físicos. Con relación a la teoría, los físicos del siglo XVII pudieron construir solo hipótesis cualitativas, a veces muy verosímiles, vivas, graciosas, pero que no daban una salida práctica. Ellos no sabían formular problemas teóricos, en forma matemática. Esa posibilidad apareció solamente con la salida en 1687 del libro de Newton <Los Principios Matemáticos de la Filosofía Natural>. De aquí, porque para la ciencia en este período lo principal era el desarrollo del método experimental (Daniushenkov y Corona, 1991, p. 51).

Está claro en la historia de las ciencias que fue Bacon uno de los que reconoció la contradicción de la ciencia vieja y de los nuevos descubrimientos.



Él comprendió que se necesitaba una nueva metodología. Para esto él pensó escribir la obra: <La gran restauración>, pero solo pudo realizar una parte bajo el nombre de <Novum Organum> (Nuevo Método) que salió en 1620...En esta obra Bacon indica lo infructuoso de las ciencias universitarias, su retraso respecto al progreso técnico, el cual <es como si adoptara cierto halito sorprendente, cada día crece y se perfecciona>, además este perfeccionamiento es ilimitado.

Bacon considera que las causas del fenómeno anterior, fueron engendradas por una falta de concordancia entre la teoría y la práctica, por la contradicción entre el proceso técnico y la reverencia ante las autoridades (la doctrina de Aristóteles) ...Bacon considera que el llamamiento al patrimonio de los antiguos no puede eliminar esta falta de concordancia (Daniushenkov y Corona, 1991, p. 52).

Sobre lo anterior, Bacon dice que:

Sería vergonzoso para las personas, si las fronteras del mundo intelectual se quedaran en los estrechos límites de aquellos que fue descubierto por los antiguos, entonces como en nuestros tiempos se amplían infinitamente y se darían a conocer los límites del mundo material, es decir, la tierra, los mares, las estrellas>...luego dijo <que él veía el objetivo de la ciencia <en la creación de nuevos descubrimientos y bienes para la vida de la humanidad> (Daniushenkov y Corona, 1991, p. 52).

El método de Bacon tiene como base el experimento. La ciencia se debe basar en el experimento y la práctica, construyendo de ellos alturas por el método de inducción, es decir, pasando de hechos particulares hacia la generalización. Estas generalizaciones son comprobadas nuevamente por el experimento y la práctica...Pero el mismo Bacon considera que la inducción es incompleta y no está perfeccionada sin el análisis teórico, sin la matemática. Él dijo: <avanza mejor la investigación natural cuando lo físico se termina en lo matemático> (Daniushenkov y Corona, 1991, p. 53).

El método del conocimiento admite junto con el método inductivo utilizar ampliamente el método deductivo...Su esencia consiste en que de una cantidad pequeña de principios generales se sacan diferentes consecuencias particulares. Este método surgió en la Grecia Antigua, pero por primera vez...fue aplicado a las ciencias naturales por...Descartes...en el libro <El razonamiento del método>...Descartes no negaba la inducción, él comprendía...la gran importancia del experimento como medio del conocimiento y criterio de la verdad. (Daniushenkov y Corona, 1991, p. 55).



De acuerdo a lo anterior, Descartes escribe:

De aquí en lo adelante yo avanzaré más rápido o más lento en el conocimiento de la naturaleza en dependencia de cómo yo estaré en condiciones para realizar los experimentos. El experimento me da el material necesario para las premisas iniciales y comprueba la corrección de las conclusiones hechas. (Daniushenkov y Corona, 1991, p. 55).

Pero al mismo tiempo él resaltó el papel principal del análisis lógico y de las conclusiones correctas. Descartes concedió gran importancia a la utilización de la matemática en el desarrollo del método. Él escribía: <Aquellas largas cadenas de las conclusiones, completamente fáciles, sencillas que utilizaban los geómetras para llegar a sus demostraciones más difíciles, me dieron el motivo para tener idea de que todas las cosas, que pueden ser objeto del conocimiento de las personas están entre sí en esta misma sucesión. De esta manera si se evita adoptar como verdadero algo que no lo es y se mantiene siempre el orden en el cual se deduce una cosa de otra, entonces no puede existir una verdad tan lejana que no sea accesible, ni tan secreta que no se pueda descubrir>...De esta manera, según Descartes, aplicando las matemáticas se pueden lograr grandes éxitos en el estudio de la naturaleza (Daniushenkov y Corona, 1991, pp. 55-56).

Hasta aquí se ha estado analizando el valor del método inductivo, deductivo, el experimento y el valor de la matemática en las investigaciones acerca del comportamiento de la naturaleza. A partir de ahora se centrará el análisis solo en el papel del experimento.

En De Magnete, el libro del inglés William Gilbert, éste destaca el hecho de la realización de experiencias y su importancia.

... En el descubrimiento de las cosas secretas y en la investigación de las causas ocultas, se obtienen razones más poderosas a partir de experimentos seguros que de las conjeturas probables y las opiniones de los especuladores filosóficos al uso... ¿Por qué he de someter esta noble e inadmisibles filosofía (puesto que comprende muchas cosas antes no oídas) al juicio de hombres que han jurado seguir las opiniones de otros? [...] Sólo a ustedes, filósofos verdaderos, mentes ingeniosas, los que buscan el conocimiento no sólo en los libros sino en las propias cosas, he dedicado estos fundamentos de la ciencia magnética —un nuevo estilo de filosofar (Altshuler, 2013, p-12).

Tres siglos antes a Gilbert, Bacon escribió: “La ciencia experimental no recibe la verdad de las manos de ciencias superiores, pues ella es el ama de las otras ciencias, que no son más que sus sirvientas” (Altshuler, 2013, p-12).

Entre los investigadores de su época, Bacon concede los mayores elogios a Pedro Peregrino de Maricourt, quien fuera un estudioso francés del siglo XIII que realizó experimentos sobre magnetismo y escribió el primer tratado existente para las propiedades de imanes. Sobre él, Bacon escribe:

Lo que otros ven oscura y penosamente, cual murciélagos en el crepúsculo, él, maestro del experimento, mira a la luz del día. Merced al experimento adquiere conocimientos de las cosas de la naturaleza, tanto en la medicina como en la

química; conoce, en verdad, todos los fenómenos del cielo y de la tierra (Papp, s/f, p.30).

Aunque como puede destacarse, no corresponde a Galileo el haber inventado el arte de la realización de experiencias, no es menos cierto que si fue el primer científico que elevó la importancia de la realización de experimentos hasta límites insospechados.

Lo anterior puede patentarse, cuando el propio Galileo, de las lecturas de la obra De Magnete, de Gilbert, del cual fue un admirador, repitió casi todas las experiencias descritas por este en esa importante obra.

Alrededor de 1607, envió a su alumno, el joven príncipe Cosme de Medici, una piedra que había recogido en Venecia, de un peso de libra y media...En carta adjunta habla de otra piedra perteneciente a Sagredo: <Esta es de forma elegante y pesa unas 5 libras. He logrado que sostenga 5 ½ libras de hierro y creo que antes de salir de mis manos sostendrá más. Se requiere mucha diligencia para hallar los polos correctos de dichas piedras; es decir, aquellos puntos donde sus propiedades son más intensas y donde, por consiguiente, se manifiesta su fuerza sustentadora plena. Dicha fuerza sustentadora depende tanto de la calidad de la armadura como de la piedra misma. No todo pedazo de hierro de cualquier tamaño y forma puede ser sostenido por igual, sino que el acero bien hecho, de un tamaño y figura particulares, es atraído más fuertemente. Además, un cambio ligero en las armaduras respecto de sus posiciones correctas causa una gran variación en la fuerza sostenedora. En los últimos cuatro días he hecho arreglos de manera que la piedra sostiene ahora una libra más por encima del peso máximo que su dueño jamás la hiciera llevar, y espero, después de preparar algunos pedazos del más fino acero, que sostenga todavía más> (Altshuler, 1966, pp. 32-35).

Describe entonces un caso curioso de lo que ahora se llama magnetismo superpuesto.

También he observado en esta piedra otro efecto admirable que no había hallado en ninguna otra; a saber, que el mismo polo rechaza o atrae al mismo pedazo de hierro de acuerdo con la distancia, Así, si se coloca una bola de hierro sobre una mesa lisa y nivelada, aproximadamente a una distancia de un dedo, la bola se aleja y se la puede perseguir a voluntad. Ahora bien, cuando súbitamente se retira la piedra hasta una distancia de unos cuatro dedos, la bola se mueve hacia ella y, con un poco de destreza, puede hacerse que la siga de un lado a otro (Altshuler, 1966, pp.32-35).

Finalmente, Galileo también pudo conseguir dicha piedra para el Príncipe Cosme, y en carta adjunto dirigida al Secretario Principal Belisario Vinta fechada el 3 de mayo de 1608 escribe:

Envío a Su Alteza la piedra imán que, después de muchos experimentos, por fin he logrado que sostenga 12 libras, o sea, más del doble de su peso...soy de la opinión de que su poder puede variar según la localidad con respecto a los polos del gran imán que es la Tierra; pues mientras que a lo largo de la

línea equinoccial ambos polos tendrán potencias iguales, el uno puede resultar más potente que el otro en el hemisferio septentrional y viceversa en el meridional....(Altshuler, 1966, pp.32-35).

Resultados como los obtenidos por Galileo, ya los había tenido el inglés William Gilbert.

En De Magnete, el filósofo inglés habla de una piedra (no se da el peso) que normalmente sostendría 4 onzas de hierro pero que, al ser recubierta de acero, podría sostener 12 onzas. <Con todo, nos dice Gilbert, la fuerza máxima de carácter combinante, o más bien fusionante, se ve cuando dos piedras, provistas de cubiertas de hierro, están unidas por sus extremos concurrentes (por lo común contrarios), de manera tal que se atraen y se elevan recíprocamente. De este modo se levanta un peso de 20 onzas, mientras que sin la cubierta cualquiera de las dos piedras solo atraería 4 onzas (Altshuler, 1966, pp.32-35).

Ahora bien, si Galileo hacía experiencias sobre lo que otros habían escrito y descubierto, es lógico pensar que también realizaba experiencias sobre sus propios descubrimientos. A continuación, se muestra lo anterior.

Respecto a la experimentación, Viviani...recoge la historia de cómo el joven Galileo, mientras asistía a una misa en la catedral de Pisa, se percató, utilizando los latidos de su propio corazón como cronómetro, de que la duración de cada oscilación de una lámpara que colgaba del techo era siempre la misma, independientemente de la amplitud de la oscilación, algo en lo que nadie antes de él había reparado y abría la posibilidad de usar un péndulo para medir el tiempo” (Bombal, 2014, p. 60). Aunque esta historia se considera falsa o dudosa (Contreras y otras, 2019, p.15).

También se cuenta que Galileo, para comprobar que los cuerpos más pesados no caían más rápidamente que los más ligeros, dejó caer desde la torre inclinada de Pisa dos esferas, una de madera y otra de hierro, y aquellos que observaban este experimento pudieron ver que las dos esferas chocaban contra el suelo en el mismo intervalo de tiempo. Al respecto, escribe Holton que <fue alrededor de 1590, mientras Galilei estaba en Pisa, cuando realizó un experimento público sobre las velocidades de pesos desiguales dejados caer desde el famoso Campanile de Pisa, aunque lo más probable es que la historia sea una leyenda>...Más adelante plantea: <... como la anécdota es tan ampliamente conocida y popularmente se admite como un experimento crucial en la Historia de la Física> (Contreras y otras, pp. 13-15).

En el caso de que Viviani haya inventado la historia del experimento anterior y que los profesores de Física, como usualmente se hace, hablen de esta para motivar a sus estudiantes, por ello hay que hacerlo bien, sin omitir nada, y realizar un análisis de los documentos originales en los cuales se trate el tema. Un ejemplo de cómo debe efectuarse esta acción, es a través del análisis que hace Holton al escribir que: <... debe observarse -en el escrito de Viviani- que se están comparando las velocidades de cuerpos de igual composición. Aparentemente, en 1590, Galilei creía que los cuerpos de igual densidad caían con la misma velocidad, pero que la velocidad de caída podía, aún, depender de la diferencia de densidad entre el objeto y el medio a través del cual caía. Los escritos de Galilei sobre mecánica durante este periodo indican que aún no había desarrollado la teoría presentada en

su trabajo definitivo publicado en 1638. Según el cual todos los cuerpos, cualquiera que fuese su composición, deben caer en el vacío con igual velocidad>. Así, la interpretación de Galilei del famoso experimento de la Torre inclinada de Pisa, si es que fue realizado en aquel tiempo, no hubiera sido la misma que la más moderna (Contreras y otros, 2019, pp. 13-15).

Galileo Galilei...no fue solamente uno de los más grandes físicos de todas las épocas por sus descubrimientos en esta ciencia, sino más bien el fundador de la Física y el creador de su método. Suele atribuirse, especialmente en Inglaterra, este...mérito a su contemporáneo Francisco Bacon, Barón de Verulam (1561-1626), quien en 1620 publicó su célebre libro <Novum Organum>, en que combate los principios de la filosofía aristotélica como fundamento de las investigaciones naturales. Pero el método propuesto por Bacon, que podría denominarse empirismo, difiere fundamentalmente del de Galileo, que es el método de la física. Basta para demostrarlo, el menosprecio de aquél por la matemática, a la que asignaba sólo una importancia secundaria para el estudio de la naturaleza, frente al constante y eficaz empleo que de ellas hacía Galileo. Por otra parte <mejor que hablar sobre el método>, hubiera sido operar con él, como Galileo lo hacía desde muchos años antes de la aparición del libro de Bacon (Galilei, 1945, pp. 7-9).

También el celebrado <Discurso del método>, de Descartes (1637), suele considerarse como el fundamento de la ciencia moderna...Descartes intentó el último sistema racionalista y sintético para la investigación de la naturaleza; Galileo fundó el método experimental. Sin contar con que a la publicación del Discurso la obra galileana, de muchos años, estaba ya terminada, aun cuando los <Discorsi e dimostrazioni matematiche intomo a due nuove scienze>, terminados de redactar varios años antes y que fueron el último de sus libros que alcanzó a ver impreso el eminente italiano, aparecieron un año después (1638). En Galileo se aúnan Bacon y Descartes, superándose así la <ceguera> del puro empirismo y los <extravíos del puro racionalismo>; lo cual sólo es completamente verdad si se aclara que la obra científica del primero fue anterior a las publicaciones de los otros dos. No tuvo, pues, Galileo precursores en cuanto al <método>; pero tampoco los tuvo en cuanto a sus descubrimientos sobre mecánica. Cuando él inició el estudio del movimiento, toda la dinámica conocida y aceptada podía resumirse en algunas frases de la Física de Aristóteles y Galileo debió liberarse de todas estas ideas erróneas y demostrar que lo eran, tarea muy difícil por cuanto ellas parecen fundarse en un gran número de experiencias, desde luego groseras, a saber (Galilei, 1945, pp. 7-9).

El método, ya sean los tratados en este libro, propuestos y utilizados por Sócrates, Aristóteles, Galilei, Descartes, Bacon o de otros como los sugeridos por John Locke, quien trataba el empirismo, o sea, lo observable; John Dewey, quien consideraba a la escuela como un laboratorio, siempre con un fundamento basado en la experiencia, deben ser extrapolados y utilizados en las clases de ciencias, en todas las instituciones educativas. El propio Gagné suministró argumentos a favor de tomar los procesos





(método científico), como eje esencial de la enseñanza de la ciencia.

## Capítulo 2. Imaginación que suscita realidad

Sobre la imaginación se ha escrito mucho. Existen teorías sobre ella, y ha sido estudiada por filósofos tales como Platón, Aristóteles, Kant y Castoriadis, entre otros; y por sociólogos, historiadores y psicólogos; es decir son varias las ciencias que la estudian. Un ejemplo de ello son los científicos Vygotsky y Holton. La imaginación es parte de la obra creativa de los científicos, artistas y tecnólogos y es, a partir de esta, que surge todo el andamiaje cognoscitivo que existe en la realidad que nos ha tocado vivir.

Si en el capítulo I se hablaba que es a partir de la realidad que se origina el acto imaginativo, pues en este se podrá aprender cómo, desde el acto imaginativo, surge la realidad artística, tecnológica y científica que hoy conocemos.

### 2.1. Imaginación visual, metafórica y temática en la investigación científica

Todo profesional, independientemente del nivel educativo en el que se desarrolle, debe convertirse en un docente-investigador. Lamentablemente, esto no ocurre siempre así y es que para investigar se necesita de mucha inspiración y creatividad, más que de tiempo para hacerlo. Sin embargo, si no se investiga, no se publica, y son estas publicaciones las que le dan visibilidad nacional e internacional a un especialista en su campo de acción y, por ende, a la institución que representa. Por lo tanto, todos deberían investigar y publicar sus resultados.

Para realizar investigaciones en la ciencia, cualquiera que esta sea, y luego publicar el resultado obtenido, se necesita del dominio de tres ejes fundamentales. Uno de ellos es el relativo a la maestría que se tenga de la investigación empírica (ordenada), el otro a la comprensión teórica (abscisa) que se posea acerca del tema a investigar y, existe un tercer eje ortogonal a la abscisa y a la ordenada, que es esencial para el avance de la ciencia como los dos primeros y que casi nunca se pone de relieve, a esta tercera

dimensión se le denomina imaginación, muy ligada a la inspiración y la creación anteriormente señaladas.

La imaginación se divide en tres tipos o clases principales: la imaginación visual o icónica, la imaginación metafórica y la imaginación temática. Todas han sido utilizadas a la hora de las creaciones científicas, por ello se muestra a continuación el papel que juega la imaginación en la investigación científica, a través de ejemplos concretos que pueden servir de elementos motivadores para todos los profesionales, interesados o no, en investigar.

Las ideas que se desarrollan están inspiradas en el trabajo y las ideas de Gerald Holton, profesor Emérito de la Universidad de Harvard, muy próximo a cumplir 100 años de edad y 100 años de imaginación.

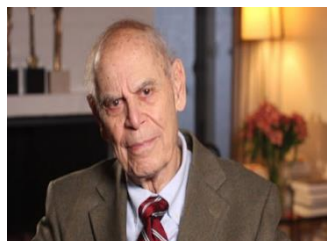
Sobre Gerald Holton se puede leer variada bibliografía en internet. Su obra es extremadamente vasta y los premios por él recibidos también lo son. Existe un libro, en español e inglés, recientemente publicado, que le fue dedicado por sus 100 años de vida, el cual lleva como título Cien años de Imaginación: Gerald Holton como Historiador, Científico, y Humanista.

## **2.2. La imaginación, de Lorraine Daston a Gerald Holton**



En uno de los epígrafes (Un agradecido homenaje a Gerald Holton, erudito y profesor extraordinario) del libro mencionado, Lorraine Daston, su estudiante favorita, actualmente directora del Instituto Max Planck de Historia de la Ciencia de Berlín, profesora visitante del Comité de

Pensamiento Social de la Universidad de Chicago y miembro permanente del Wissenschaftskolleg zu Berlin, escribió lo siguiente:



El Romanticismo del siglo XIX consiguió transformar las concepciones de la imaginación. La imaginación, que antes era la facultad que tendía un puente entre las percepciones presentes y los recuerdos pasados, así como entre la mente y el cuerpo, se alió con las intuiciones oscuras y las fuentes ocultas de la creatividad, especialmente la artística. La imaginación se convirtió en algo tan poderoso como misterioso, fuente de inspiración

byroniana pero también de ilusiones, alucinaciones y otras distorsiones de la realidad que rozaban la locura. Por ello, se opuso a las ciencias dedicadas a la investigación cuidadosa y a la representación fiel de la realidad. Aunque casi nadie llegó a afirmar que la ciencia podía prescindir por completo de la imaginación, ésta se convirtió en un objeto de sospecha científica, que debía mantenerse bajo vigilancia.

En un intento de reconocer y frenar al mismo tiempo el papel de la imaginación en la ciencia, el filósofo Hans Reichenbach, principal representante del Círculo de Viena en Berlín, distinguió escrupulosamente entre un "contexto de descubrimiento", en el que la imaginación podía dar rienda suelta a su imaginación, y un "contexto de justificación", en el que todas las hipótesis y conjeturas debían ponerse a prueba rigurosamente.

La ciencia se volvió así esquizofrénica, dividida entre impulsos creativos totalmente opacos al escrutinio y procedimientos transparentes y abiertos de prueba y refutación. El incómodo compromiso de Reichenbach entre los lados supuestamente oscuros e irracionales y los lúcidos y racionales de la ciencia dominó gran parte del pensamiento sobre la ciencia en las décadas posteriores a la Segunda Guerra Mundial. Y este fue un periodo en el que se pensó más intensamente sobre la naturaleza de la ciencia que quizás cualquier otro periodo anterior de la historia.

El éxito del proyecto de la bomba atómica de Estados Unidos inspiró asombro en el sentido original de la palabra: admiración y terror combinados. Pero otros avances científicos en materia de radar, cohetes, informática, vacunas, antibióticos y exploración espacial también impresionaron enormemente tanto a los políticos como al público de todo el mundo con la necesidad de ampliar enormemente los programas de apoyo a la educación y la investigación científicas. En la década de 1970 había más científicos dedicados a la investigación que en todo el resto de la historia del mundo junto, y ese número ha seguido aumentando de forma constante desde entonces.

Se hizo urgente entender qué era la ciencia y cuál era la mejor manera de garantizar su florecimiento. Este fue el contexto en el que Gerald Holton, nacido en Berlín, criado en Viena y formado como físico en Estados Unidos, comenzó sus notables investigaciones sobre la naturaleza de la imaginación científica. Impregnado de la cultura intelectual que había nutrido al Círculo de Viena original, así como del operacionalismo ferozmente empírico del físico y filósofo de Harvard Percy Bridgman.

Holton estaba bien preparado para apreciar el cambio radical que experimentó el positivismo lógico vienés cuando se convirtió en el empirismo lógico estadounidense después de que muchas de sus luminarias se vieran obligadas a exiliarse por los nazis, al igual que el propio Holton, como parte del Kindertransport que le llevó primero a Gran Bretaña y luego a Estados Unidos. Pero también comprendió la visión utópica y humanitaria que informaba ambos proyectos filosóficos casi tanto como los éxitos científicos que ambos analizaban.

Al igual que emigrados del Círculo de Viena como Reichenbach y Rudolf Carnap, Bridgman (que asesoró la tesis doctoral de Holton en física en Harvard) estaba profundamente comprometido con el movimiento de la Unidad de las Ciencias, que organizó congresos internacionales entre 1935 y 1941 en París, Copenhague, Cambridge, Massachusetts y Chicago.



Los tumultuosos acontecimientos que se produjeron en esos años, mientras el ascenso del fascismo perturbaba y destruía vidas en todo el mundo, y la trayectoria geográfica de las sedes de los congresos son testigos elocuentes de las transformaciones que Holton describió retrospectivamente en su artículo maravillosamente titulado *From the Vienna Circle to Harvard Square: The Americanization of a European World Conception* (1993), un drama sobre las ideas, las apasionantes ideas de Ernst Mach, Einstein, Niels Bohr, Carnap, Philipp Frank y una galaxia de otras luminarias, que Holton relató con el suspense, la intensidad y la unidad de acción que cualquier representación teatral podría envidiar.

La unidad como ideal científico debió de resonar profundamente en Holton. Criado en el Bildungsbürgertum de Viena, estaba tan empapado de la literatura y las artes como de las ciencias y las matemáticas, y atento a las nuevas y apasionantes ideas que se filtraban durante los años más esperanzadores del siglo XX, desde el psicoanálisis hasta el modernismo. Su interdisciplinariedad se criaba en los huesos, en contraste con la interdisciplinariedad que simplemente yuxtaponía una disciplina especializada junto a otra.

Como estudiante de posgrado en Harvard, fue secretario del Instituto para la Unidad de las Ciencias y más tarde describió la "curiosidad ilimitada y la generosidad de espíritu" que animaban sus debates. Más tarde, cuando se sumergió en la obra de Albert Einstein, incluidos los manuscritos y la correspondencia inéditos, tomó nota de la búsqueda permanente de Einstein de la unidad en los conceptos y teorías fundamentales de la física.

Las investigaciones históricas de Holton sobre las preocupaciones científicas de Einstein nos devuelven al tema de la imaginación científica, más precisamente a la imaginación temática. Como físico en activo que dirigió un laboratorio durante años, Holton conocía y apreciaba de primera mano la importancia de la investigación empírica, y una de sus primeras publicaciones fue una introducción a la física centrada en sus conceptos fundamentales. Sin embargo, propuso un "tercer eje" ortogonal a la abscisa de la investigación empírica y a la ordenada de la comprensión teórica, y tan esencial para el avance de la ciencia como ambos: la tercera dimensión de la imaginación temática.

En sus estudios sobre Einstein, Bohr y otras estrellas científicas de primera magnitud, mostró cómo ciertas imágenes del mundo -demasiado generales y omnipresentes para ser llamadas conceptos- se enhebraban en su pensamiento como leitmotivs en una composición musical. La continuidad, la discreción y la unidad eran algunos de estos faros de la imaginación científica, una fuente perpetua de perspicacia (y a veces de obstinación) y una guía a través del desconcertante laberinto de teorías y resultados empíricos conflictivos. Además, reveló cómo la imaginación temática podía a veces triunfar sobre las otras dos dimensiones, dando a los científicos la licencia para dejar de lado los hallazgos empíricos o las interpretaciones teóricas que parecían contradecirla.

Los orígenes temáticos del pensamiento científico: De Kepler a Einstein se publicó por primera vez en 1973 y desde entonces no ha dejado de imprimirse. Sus estudios de caso sobre Johannes Kepler, Henri Poincaré, Bohr y Einstein se siguen leyendo, enseñando y discutiendo, lo que constituye la verdadera prueba de un clásico. Es uno de los pocos libros de historia y filosofía de la ciencia que todavía leen los científicos, aunque las revelaciones de Holton sobre las raíces filosóficas del principio

de complementariedad de Bohr o el misticismo matemático de Kepler deben haber sacudido las sensibilidades formadas en una época de positivismo de los hechos.

Por encima de estos logros, la contribución más fundamental del libro fue devolver a la imaginación su lugar de honor en la ciencia. O, más exactamente, Holton reimaginó la imaginación científica. Ya no se trata de las oscuras intuiciones del genio romántico ni de la inescrutable creatividad del contexto del descubrimiento de Reichenbach, sino que la imaginación temática de Holton podía hacerse visible -a veces literalmente- y someterse a un análisis racional: la imaginación lúcida. La esquizofrenia científica podría curarse, otra forma de la unidad de la ciencia (Contreras, 2021, pp. 82-86).

### **2.3. El papel de la imaginación para Gerald Holton**

Pero, ¿qué dice el propio Gerald Holton, en el libro ya mencionado en los epígrafes anteriores, acerca de la imaginación y su papel en la investigación científica?

En el nivel introductorio de la enseñanza, la Física puede parecer a los estudiantes una pequeña ley tras otra, sin mucha continuidad entre ellas. Pero a medida que los estudiantes pasan al siguiente nivel, más alto, empiezan a ver las conexiones entre estas leyes separadas y, en última instancia, logran una sinergia entre ellas.

Permítanme ilustrar esto. Alrededor de 1900, las numerosas leyes de la Física, antes separadas, se resumieron en tres súperleyes. Una súperley era la mecánica, otra la electrodinámica y la tercera la energética.

Los físicos de la época lucharon entre sí para decidir cuál de estas súper leyes era la mejor, y no se pudo encontrar una respuesta. Pero en esta batalla llegó Albert Einstein. Tuvo la inspiración de fusionar las tres súperleyes en un nivel aún más alto, a saber, su Teoría de la Relatividad Especial.

Era consciente, y estaba descontento, de que su Relatividad Especial no incluía la gravedad, y trabajó durante años para incluirla. Lo consiguió en noviembre de 1916, llamando a su nuevo logro Teoría General de la Relatividad. Como probablemente todos los presentes saben, la prueba experimental de la Relatividad General se produjo en noviembre de 2016. Este impresionante logro se produjo exactamente 100 años después del avance teórico de Einstein en noviembre de 1916. Para los físicos, estos logros sobrehumanos tienen una belleza cegadora.

Hay más. Además de aplicarse a lo largo de todo el tiempo y todo el espacio, la Física también es abierta y se expande constantemente. Un ejemplo son los intentos de unir ahora la Mecánica Cuántica con la Relatividad General.

Esto nos lleva a otro hecho notable de la Física. Los científicos más aventureros quieren reunir todos los logros humanos de la física en una Gran Teoría, una Teoría del Todo, de modo que, en última instancia, sólo sea necesaria una ecuación que pueda ponerse en la camiseta.

Es muy posible que esto no ocurra nunca. Pero la búsqueda forma parte de una motivación de los físicos, desde los filósofos-científicos de la antigua Grecia, a saber, unificar, en un solo enunciado, todos los conocimientos pertinentes. Yo llamo a esta gloriosa y eterna búsqueda el Encanto Jónico...





Queridos amigos, cuando se estudia o se enseña la Física desde el punto de vista que he esbozado aquí, puede llevarse desde el humilde primer nivel, como  $F = m \cdot a$ , hasta su majestuoso alcance global, donde se podría estudiar cómo se entrelazan los Agujeros Negros. Siguiendo este enfoque, creo que al alumno no sólo le gustará la Física, sino que quizá la ame...

En mis investigaciones en el campo de la Historia de la Ciencia he encontrado innumerables ejemplos de la variedad de la imaginación humana. Un ejemplo es la historia del átomo. Su existencia y sus propiedades fueron especuladas, de nuevo, por los antiguos griegos, especialmente por Leucipo del siglo V de nuestra era.

Adoptó la idea de que el átomo era extremadamente pequeño, discreto y siempre en movimiento en el vacío. No existe nada más, y según este punto de vista no hay dioses, y no hay vida después de la muerte que esperar o temer.

Obviamente, esto era contrario a cualquier religión y, por lo tanto, este punto de vista del atomismo fue rechazado y casi se perdió. Pero surgieron otros puntos de vista, como el de que los átomos no están separados, no son individuales, no son discretos, sino que siempre están fusionados en un continuo de materia, lo que sostenía Newton.

En otras partes de la Física fue normal durante mucho tiempo descuidar la discreción en la interpretación de los fenómenos físicos. Por ejemplo, que los rayos de luz nos lleguen en masas de cuantos separados, los fotones, no se pensó hasta que Max Plank, un físico alemán, lo propuso alrededor de 1900, y él mismo siempre se opuso a esa noción. De hecho, la primera vez que el Comité del Premio Nobel se atrevió a publicar una mención a la existencia de átomos separados y discretos fue en 1926, en su elogio al físico experimental francés Jean Baptiste Perrin, que había demostrado la existencia de la discreción en la estructura de la materia.

Hago aquí una observación al margen, sobre la dimensión privada de la imaginación científica, la parte de la que prácticamente nunca se habla en los informes sobre el progreso científico. Consideremos de nuevo la lucha sobre la continuidad frente a la discreción en la comprensión de la Naturaleza, una lucha llevada a cabo entre los científicos durante milenios. Estas ideas, y muchas otras similares, no nos las impone la Naturaleza. Simplemente nos llegan como parte de nuestra imaginación normal, humana, por nuestros intentos humanos de comprender los fenómenos de la Naturaleza de forma ordenada.

He encontrado pruebas de ello en muchos casos que he estudiado. De hecho, creo que sólo se han inventado unas 50 ideas útiles de este tipo y que están tranquilamente a disposición de los científicos normales en diferentes campos, conceptos como la simetría o la causalidad, o para el caso una Gran Teoría del Todo. Yo llamo a estos conceptos Themata (singular Thema).

Aunque he estudiado durante muchos años estas ayudas temáticas de la imaginación científica, eso no quiere decir que los Themata sean siempre necesarios. Creo que Enrico Fermi nunca necesitó uno. Pero, ¡todo vale!

Tomemos de nuevo el caso de Einstein, trabajando en lo que se convirtió en la Relatividad General. Hace muchos años, el patrimonio de Einstein me pidió con inmensa amabilidad que fuera, poco después de su muerte, a su oficina en Princeton, Nueva Jersey, para ayudar a reunir y ordenar su enorme caudal de manuscritos y cartas, en su mayoría inéditos, unos 40.000 documentos.



Permítanme retomar sólo su breve mención de uno de los manuscritos de Einstein. En él recuerda que un día, sentado en su taburete en la Oficina de Patentes de Berna, pensó repentinamente cuáles serían sus sensaciones corporales durante la caída de su asiento. Allí lo generalizó, típicamente, para pensar lo que sentiría un hombre al caer por casualidad desde el tejado de su casa. (Estamos viendo aquí a Einstein como tantas veces haciendo un experimento de pensamiento imaginativo, y visual). Pues bien, durante la caída libre de este hombre, no se sentiría la fuerza de la gravedad sobre él. Y algo sacado de su bolsillo se quedaría con él sin caer más por sí mismo.

Pero ahora, generalizando más, qué sentiría ese hombre si estuviera en un ascensor en el espacio libre, lejos de la gravedad. Allí simplemente flotaría libremente. Pero ahora, ¿qué pasaría si alguien pudiera tomar este ascensor y acelerarlo repentinamente hacia arriba? En ese momento, el hombre que está dentro se vería obligado a permanecer en el suelo de su ascensor (todavía en el espacio libre). Sentiría como si la gravedad tirara de él. En resumen -y esa es la importante apertura de la Relatividad General de Einstein- los efectos de la gravedad y de la aceleración son iguales en la discusión de los movimientos.

Permítanme darles un último ejemplo de la imaginación libre en los descubrimientos científicos, tal como se muestra en un caso de la Historia de la Ciencia. Se trata del gran campo de investigación actual de la superconductividad, la conductividad de la electricidad en materiales con poca resistencia.

El descubrimiento inicial de la superconductividad fue realizado en los Países Bajos por H. K. Onnes en 1911, en experimentos con mercurio a temperaturas muy bajas: unos 4 grados Kelvin. Desde entonces se han realizado esfuerzos continuos para encontrar materiales que puedan mostrar superconductividad a temperaturas más altas, idealmente a la temperatura ambiente, lo que podría suponer enormes ganancias potenciales en la conservación de la energía durante el movimiento de la electricidad.

Un camino hacia la superconductividad de alta temperatura fue descubierto en los años 80 por dos físicos suizos, por George Bednorz y por Alexander Mueller, que había sido su alumno, y que también lo fue de Wolfgang Pauli, un físico austriaco. Tanto Bednorz como Mueller recibieron por su trabajo el Premio Nobel de Física en 1987.

Tuvimos la maravillosa oportunidad de averiguar, en una conversación abierta con ellos, qué puede haber sido, en su imaginación, lo que les ayudó a hacer su descubrimiento. Una decisión clave para ellos fue, por supuesto, utilizar el material adecuado para su investigación. Decidieron utilizar una perovskita, un mineral multsimétrico.

¿Qué motivó esa decisión? Sobre esto, Mueller fue realmente elocuente. Dijo: "Siempre me vi arrastrado a este símbolo", refiriéndose a la simetría del mineral. Y la razón por la que se sintió tan atraído por el mineral fue totalmente "acientífica" y extraordinaria. Había estado leyendo las obras del gran astrónomo Johannes Kepler, que escribió cuatro siglos antes, para quien la simetría era un concepto importante. Mueller nos dijo: "La estructura de la perovskita era para mí, y sigue siendo, un símbolo de -es un poco exagerado- pero de Santidad. Es un mandala, un símbolo egocéntrico, que me determinó. Soñé con este símbolo de perovskita. En los sueños lo tenía en la mano Wolfgang Pauli, que fue mi maestro". Y Mueller

ilustró su relato enviándonos un ejemplo de una imagen que algunas culturas llaman sagrada, concretamente un Mandala de Djarmaharaja.

Como tantas veces, aquí me quedé asombrado de lo lejos que puede llegar la imaginación, para permitir la capacidad humana en su búsqueda de hallazgos científicos (Contreras Vidal, J.L, 2021, pp. 99-104).

## **2.4. La imaginación en los genios**

Y es que la imaginación es un proceso creativo superior que permite al individuo manipular información generada intrínsecamente con el fin de crear una representación percibida por los sentidos. Esta representación, significa que la información se ha formado dentro de nuestro cuerpo, en nuestra mente, en ausencia de estímulos ambientales. En lo que respecta a sentidos de la mente, son los mecanismos que permiten ver un objeto que se había visualizado previamente, pero que ya no se encuentra presente en el ambiente.



Al respecto Gabriel García Márquez, premio Nobel de literatura, expresó: “La vida no es lo que uno vivió, es lo que uno vivió y cómo lo recuerda para contarlo”. Efectivamente, lo que se vive y lo que se recuerda está impregnado de imaginación. Fuente de placeres y temores, de descubrimientos y creaciones, la imaginación no es una facultad menor, sino esencial en nuestra vida interior.

La imaginación es un ingrediente esencial del pensamiento y de la inteligencia. Las máquinas pueden calcular prodigiosamente, pero no tienen verdadera inteligencia, entre otras cosas, porque carecen de imaginación.

Ninguna máquina puede imaginar cómo llegar a la Luna por mucha información que le introduzcan en su interior. Sin embargo, en 1969, llegaron los primeros seres humanos a la Luna que viajaron en una nave espacial lanzada desde la Tierra. Pero anteriormente llegaron también seres humanos en las archiconocidas novelas de Julio Verne 'De la Tierra a la Luna' y 'Alrededor de la Luna', publicadas respectivamente en 1865 y 1870. Y esto se logró solo en la imaginación de este escritor francés. Y lo más asombroso de todo es que Luciano de Samósata (125-181), escritor sirio en lengua griega, ya había escrito sobre un viaje a la Luna en su libro titulado: Historia Verdadera.

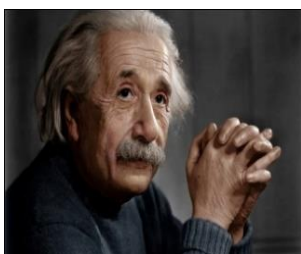


No hay “inteligencia artificial”: la verdadera inteligencia es natural –y cordial: arraigada en el corazón–. Sin imaginación no habría creatividad: todo sería predecible y aburrido. La imaginación es vida.

Varios genios, en diferentes ramas del saber han expresado sus ideas acerca de la imaginación. Dentro de ellos se encuentran los siguientes.



Alfred Hitchcock: “Hay algo más importante que la lógica: es la imaginación”.



Albert Einstein: “El conocimiento es limitado, mientras que la imaginación abarca el mundo en su conjunto”.



Paul Auster: “La realidad no existe si no hay imaginación para verla”.



Blaise Pascal: “Nuestra imaginación nos agranda tanto el tiempo presente, que hacemos de la eternidad una nada, y de la nada una eternidad”.



Richard Wagner: “La imaginación crea la realidad”.



Henry David Thoreau: “El mundo no es sino un lienzo para nuestra imaginación”.



John Lennon quien con su canción Imagina, nos invita a emplear nuestra imaginación para crear un mundo mejor.



Octavio Paz, premio Nobel de Literatura, expresó que: “La imaginación es una facultad fundamental tanto para la creación como para aproximarse al hecho amoroso, con ella no se inventan mundos ficticios, frente a lo que comúnmente se cree, sino que se descubren relaciones ocultas entre las cosas...”.

Y es que los científicos imaginan las cosas en sus ensoñaciones, siempre están muy atentos, tienen una mirada curiosa fisgona para ver los pequeños detalles y asociarlos entre ellos, y sobre todo, una capacidad para el asombro increíble. Sobre este punto, Holton nos dice que una vez más Albert Einstein tiene la última palabra: “Aquí estriba el sentido de la curiosidad, que crece de manera continua -precisamente a medida que aumenta el desarrollo del propio conocimiento” (Holton, 1992, pp. 27-28).

## 2.5. La imaginación visual o icónica en los genios y más allá

Pero, retornemos al ejemplo de Muller que nos ilustra Holton en la conferencia por él escrita para el homenaje latinoamericano que se le realizó el 17 de junio de 2021 y que se recoge en el libro Cien años de imaginación: Gerald Holton como Historiador, Científico y Humanista.





En este ejemplo, Holton cuenta como Mueller le dijo: "La estructura de la perovskita era para mí, y sigue siendo, un símbolo de -es un poco exagerado- pero de Santidad. Es un mandala, un símbolo egocéntrico, que me determinó. Soñé con este símbolo de perovskita. En los sueños lo tenía en la mano Wolfgang Pauli, que fue mi maestro".

Dicen que los sueños son una ventana al alma, pero también son, sin duda, una puerta a los mecanismos de nuestra mente. En la noche, los engranajes de nuestros pensamientos no desaparecen, se mezclan entre sí, se forma un caos tremendo y, a veces, de ese caos, surgen cosas que el cerebro despierto no alcanza a imaginar.

Y es que no solo Muller llegó a su descubrimiento a través de un sueño. También le sucedió algo similar a Dimitri Mendeléiev, Friedrich August Kekulé von Stradonitz y Otto Loewi. Mendeléiev soñó lo que sigue.



...estaba en un oscuro jardín donde la hierba parecía dibujar una inmensa cuadrícula bajo sus pies. De repente, el jardín se iluminó y desde el cielo comenzaron a caer de forma regular enormes bloques de colores que representaban cada uno de los elementos con los que vivía obsesionado. Primero, cayeron el hidrógeno y el litio, que se situaron próximos el uno del otro, y a continuación, se formó una nueva columna con los elementos berilio, boro, carbono, nitrógeno, oxígeno, flúor y sodio.

Tabla Periódica de los Elementos Químicos



Percibió cómo este último se ubicaba a la misma altura que el litio. Había por fin encontrado la periodicidad que tanto ansiaba y entendió la relación que guardaba con la valencia de los elementos, tal y como había intuido su subconsciente. Las propiedades se repetían cada ocho elementos del mismo modo que las notas musicales en las distintas escalas. Contempló entusiasmado cómo el resto de los elementos continuaban encajando de forma perfecta hasta completar un hermoso mosaico de colores bajo sus pies.

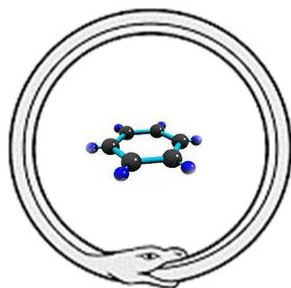
También observó que algunos de los bloques ya colocados albergaban un interrogante que predecía la posición de elementos todavía por descubrir. Sin duda alguna, había asistido a la obra de arte más bella que jamás habría podido llegar a imaginar: la tabla periódica de los elementos químicos. Al despertar, Dimitri Ivánovich Mendeléiev, buscó a tientas un trozo de papel donde anotar todo lo que había soñado (Souto, 2016, p. 2; Strathern, 2000, p. 8).



Por su parte, August Kekulé, o castellanizado como Augusto Kekulé, fue un químico orgánico alemán. Un aspecto importante de su trabajo es el relativo a un sueño que tuvo. En éste llegó al descubrimiento de la estructura de la molécula del benceno. Según Kekulé, él pudo describir esta estructura porque soñó con una serpiente que se mordía la cola, lo que le llevó a plantearse la posibilidad de que la molécula del benceno tuviera forma de anillo (López Astorga, M. 2009).

Textualmente Kekulé cuenta que:

Mi ojo mental, entrenado por las repetidas visiones de este tipo, ahora podía distinguir estructuras más grandes; largas filas se entrelazaban y mezclaban en un movimiento como de serpientes. ¡Pero mira! ¿Qué fue eso? Una de las serpientes había mordido su propia cola, y la forma giró burlonamente ante mis ojos. Como iluminado por un relámpago, me desperté (Gordon, José, 2013. p.1).



La imagen de la serpiente fue clave en la búsqueda de Kekulé en torno a la estructura molecular del benceno que tanto lo eludía. Se trataba de anillos hexagonales.



Y Otto Loewi, fisiólogo alemán que recibió el Premio Nobel de Medicina, quien realizó 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. Ya a comienzos del siglo XX Loewi había desarrollado la teoría de que las señales nerviosas posiblemente se transmitieran usando instrucciones químicas. Pero no encontraba cómo probar su idea.

La solución le llegó como por arte de magia dos décadas más tarde, en 1920. Sobre este sueño Loewi cuenta que:

La noche anterior al domingo de Pascua de [1920] me desperté, encendí la luz y escribí unas cuantas notas en un pequeño papel. Luego me dormí de nuevo. A las seis de la mañana me di cuenta de que durante la noche había anotado algo importante, pero no pude descifrar el garabato. La noche siguiente, a las 3.00, la idea volvió a aparecer. Era el diseño de un experimento para determinar si la hipótesis de la transmisión química que había formulado 17 años atrás era correcta. Me levanté inmediatamente, fui al laboratorio y realicé un sencillo experimento con un corazón de rana, según el diseño nocturno (McCoy y Yong, 2014, p.3).

Lamentablemente, cuando se estudia ciencias, en pocas ocasiones se habla de la historia de los descubrimientos científicos, de cómo los genios llegaron a formular conceptos, definiciones, principios, leyes, modelos y teorías. Mucho menos se habla de los procedimientos mentales bajo los cuales llegaron a estos, de cómo se imaginaron las explicaciones y los diseños experimentales para verificarlos. Al respecto Holton dice:

No obstante, si deseamos analizar la imaginación de los científicos en pleno funcionamiento, tendrá que ser pillándoles por sorpresa. Por razones bastantes sólidas, los científicos modernos tratan de mantener sus conflictos personales al margen de los datos que publican y de sus libros de texto...

Así pues, es en los registros privados y en los cuadernos de laboratorio donde los historiadores de la ciencia pueden encontrar cualquier cosa que los propios científicos deseen ocultar. Aun cuando la lógica, las matemáticas y la experimentación constituyen guías constantes, no son suficientes en absoluto – si lo fueran, cualquier ordenador podría ocuparse de las mismas investigaciones sin ayuda. Si miramos por el agujero de la cerradura de la puerta del laboratorio, veremos que el científico también necesita muchas otras herramientas. Voy a citar ejemplos de tres de estas herramientas en el quehacer de la ciencia, tres compañeras estrechamente unidas en el progreso de la ciencia moderna y que rara vez son debidamente reconocidas. Les voy a hablar de la imaginación visual, la imaginación metafórica y la imaginación temática... (Holton, 1992, pp. 1-2).

Los ejemplos de descubrimientos hasta aquí tratados, de Einstein, George Bednorz, Alexander Mueller, Dimitri Mendeléiev, Friedrich August Kekulé von Stradonitz y Otto Loewi, son productos de la imaginación visual o icónica de estos genios. Y es que quizás a todos ellos les sucedía como a Einstein quien escribió al respecto, en dos momentos diferentes:

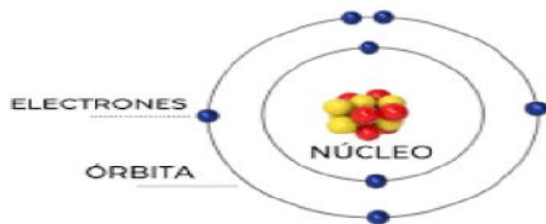
Las palabras o el lenguaje, ya sean en su forma escrita u oral, no parecen jugar papel alguno en mi mecanismo de pensamiento. Las entidades físicas que parecen



actuar como elementos del pensamiento son signos concretos e imágenes más o menos claras que pueden producirse y combinarse deliberadamente... Muy rara vez pienso en palabras... suelo hacer una especie de repaso, un repaso visual (Holton, 1992, p. 12).

Existen otros ejemplos donde la imaginación visual o icónica ha jugado un papel definitorio a la hora de descubrir algo en el mundo de la ciencia.

## 1. El átomo de Bohr



...el átomo de Niels Bohr de 1913 adoptó la imagería del sistema solar copernicano. Al principio, desde luego supuso un gran avance, pero, a mediados del decenio de 1920 empezó a resultar evidente lo peligroso que era considerar los procesos atómicos en términos de una imagería inicialmente inventada para acontecimientos a gran escala, tales como el movimiento de los planetas (Holton, 1992, p. 14).

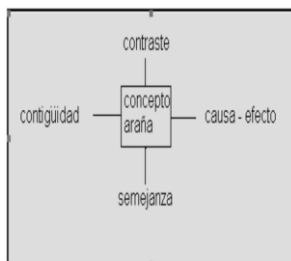
## 2. Los mapas conceptuales

Los mapas conceptuales son diagramas jerárquicos que procuran reflejar la organización conceptual de una disciplina o parte de una disciplina en la estructura cognoscitiva de quien aprende. Para realizar los mapas anteriores se le dan al alumno una serie de conceptos y se le solicita que los escriba en una hoja de papel procurando agrupar los que están más relacionados entre sí y que trace línea uniendo aquellos conceptos que están directamente relacionados.

Cada línea relacionando dos conceptos debe ser numerada de modo que cada número usado corresponde a una breve explicación del alumno sobre lo que representa la línea o de lo contrario se realiza la explicación cortando la línea e intercalándola. Es de destacar que existen otras maneras de concebir estos mapas como el que se muestra a continuación (Contreras, 2008, p.50).



### 3. Red de asociaciones significativas conceptuales (rasc)



La RASC considera las asociaciones significativas, la cual parte de considerar cada concepto desde los cuatro tipos de asociaciones conocidas: por semejanza (S), por contigüidad (Ct), por contraste (C) y por causa y efecto (CE). Esta estrategia es potencialmente facilitadora para la formación de los conceptos de una manera integrada. En sí no es más que un diagrama que intenta modelar las diferentes relaciones que se establecen entre los conceptos desde los diferentes tipos de asociaciones que existen; es un diagrama de significados, de relaciones significativas, en fin, es un diagrama de asociaciones significativas.

Para tejer dicha RASC se debe colocar en el centro de una hoja el concepto que se quiera estudiar en su integración y, a partir del mismo, comenzar a asociarlo por las cuatro vías anteriormente mencionadas. A este concepto se le denomina "concepto araña" porque es de él que, precisamente, se comenzará a "tejer" dicha red. Como puede observarse el concepto araña se asocia a los demás conceptos a través de líneas que se numeran para denotar el grado de jerarquización entre los conceptos asociados. El tamaño de la línea es arbitrario (Contreras, 2008, p.82).

### 2.6. La imaginación metafórica

... existe otra herramienta conceptual que algunos científicos utilizan con gran maestría en la génesis de sus ideas. Se trata de la metáfora y de su prima hermana, la analogía. Esto quizá les sorprenda a ustedes. Después de todo, algunos filósofos opinan que la imaginación metafórica no sirve para nada en el ámbito de la ciencia. El Diccionario del pensamiento moderno dice de la metáfora y de la analogía que "representan una forma de razonamiento particularmente propenso a la extracción de conclusiones falsas a partir de premisas verdaderas".

Se considera a la metáfora como "la esencia de la poesía"; opera a través de la ilusión, y desde luego la labor de los científicos es precisamente todo lo contrario.



Así pues, podría parecer que la metáfora y la analogía son dos cosas que los científicos deberían evitar con la máxima asiduidad (Holton, 1992, pp. 17-18).

Y si es verdad que la metáfora es muy utilizada en el arte de manera general. Por ejemplo, hay una canción cubana, titulada Longina, escrita por el guitarrista y compositor cubano Manuel Corona, con la que se puede mostrar lo siguiente:

En el lenguaje misterioso de tus ojos hay un tema que destaca sensibilidad--- en las sensuales líneas de tu cuerpo hermoso las curvas que se admiran despiertan ilusión--- y es la cadencia de tu voz tan cristalina tan suave y argentada, de ignota idealidad, que impresionado por todos tus encantos se conmovió mi lira y en mi la inspiración--- por ese cuerpo orlado de belleza, tus ojos soñadores y tu rostro angelical; por esa boca de concha nacarada, tu mirada imperiosa y tu andar señorial, te comparo con una santa diosa Longina seductora cual flor primaveral, ofrendando con notas de mi lira, con fibras de mi alma tu encanto juvenil.

Para realizar las metáforas se necesita de la analogía y es que los seres humanos asocian de cuatro maneras diferentes y a cada una de estas asociaciones les otorgamos un sentido y significado muy único. Estas asociaciones son las siguientes.

1. Asociaciones por contigüidad: se manifiestan claramente, por ejemplo, cuando se aprenden palabras extranjeras, números del teléfono y acciones consecutivas; se observan también cuando el encuentro con una persona conocida motiva el recuerdo de su nombre, de su apellido o de acontecimientos pasados relacionados con esta persona.
2. Asociaciones por semejanza o analogía: tienen lugar cuando los objetos y fenómenos o los pensamientos sobre ellos actualizan el recuerdo de algo parecido. Las asociaciones por semejanza intervienen en la formación de metáforas poéticas cuando, por ejemplo, los ruidos de las olas se asemejan al rumor de las gentes, el olmo a una mujer que llora. Ocupan también un lugar importante en las deducciones por analogía.
3. Asociaciones por contraste: se asocian por contraste fenómenos muy diferentes, el ruido y el silencio, lo blanco y lo negro, lo alto y lo bajo, etc.
4. Asociaciones por causa y efecto: las asociaciones mencionadas con anterioridad reflejan las relaciones más elementales de los objetos y fenómenos de la realidad, pero las de causa-efecto reflejan las relaciones complicadas entre ellos (Contreras, 2008, p.35).

Pero también la metáfora por analogía está bien presente en la ciencia y con resultados elocuentes y sorprendentes. De acuerdo a Holton:

Los científicos utilizan analogías continuamente; Thomas Young, un físico del siglo XIX, representa un excelente ejemplo del castigo que puede acarrear el hecho de hacerlo abiertamente...Él realiza una fructífera analogía entre la luz y el sonido -de esta sorprendente extensión de la metáfora del movimiento ondulatorio de un

campo a otro, aparentemente sin relación -percibimos el considerable desafío que supone esta transferencia de significado.

De hecho, el valor que supone hacer esta conexión, y lanzar la prueba experimental de la naturaleza ondulatorio de la luz, no le pareció muy acertado ni siquiera a George Peacock, el editor de los Collected Papers de Thomas Young, amigo incondicional del mismo, y hombre de ciencia del Trinity College de Cambridge. Cuando Peacock publicó una recopilación de escritos de Young en 1855, es decir, veintiséis años después de que Young falleciera y mucho tiempo después de la consagración de la teoría ondulatoria, Peacock continuaba sintiéndose obligado a evitar que el lector cayera en algún terrible error sobre el tema que nos ocupa y, por ello, añadió un asterisco tras la frase crucial de Young y redactó una severa nota de pie de página que tal vez sea única en la literatura: "Esta analogía es caprichosa y absolutamente infundada. Nota del editor".

El caso de Thomas Young es un ejemplo de la función creativa, aunque arriesgada, de la metáfora o de la analogía durante la fase inicial de la imaginación científica. La utilización de la misma idea una y otra vez en contextos bastante diferentes, era parte del credo científico de Enrico Fermi. Según él, cualquier fenómeno físico se podría entender en términos de una analogía con una de entre más o menos dos situaciones físicas primarias, primitivas. Por ejemplo, efectivamente dio un gran impulso a la moderna física de las partículas elementales con un trabajo que publicó en 1934 sobre la desintegración beta, en el que decía que cualquier teoría sobre la enigmática emisión de partículas ligeras, como los electrones, a partir de un núcleo, debería entenderse por analogía con la consolidada teoría de la emisión de los quanta luminosos (fotones) a partir de la desintegración del átomo. Así fue como eludió la trampa de tener que pensar que el electrón ya existía en el núcleo antes de su emisión; después de todo, a nadie le había parecido necesario pensar que el fotón ya estaba formado dentro del átomo antes de ser irradiado. Y de nuevo, poco después de escribir un trabajo sobre el efecto ejercido por los electrones lentos al chocar con un átomo, Fermi únicamente era capaz de entender el efecto de los neutrones lentos sobre el núcleo. Esto ocurría en octubre de 1934, cuando él y su equipo, casi por mero accidente, descubrieron la radiactividad artificial milagrosamente realizada de la plata, que resultó haber sido provocada por la dispersión de neutrones, es decir, por su deceleración.

Las páginas del cuaderno de laboratorio que registran este descubrimiento son bastante lacónicas y el trabajo resultante muy corto, pues no llega a dos páginas. Sin embargo, se podría decir que su utilización de la analogía coloca a Fermi sobre lo que resultó ser el primer paso necesario hacia el reactor nuclear, y de ahí a la llamada era nuclear (Holton, 1992, pp. 18-19).

Estas metáforas en la ciencia también se han llevado al lenguaje común y también científico. Ejemplos hay cientos, como los que se citan a continuación.

- Si, en un principio, el ordenador fue concebido como una especie de cerebro, a la inversa, el cerebro puede conceptualizarse como un ordenador, como un dispositivo de almacenamiento y procesamiento de información.



- En estos momentos me encuentro en modo avión.
- Consideramos la electricidad como un fluido y hablamos del “chorro” de electrones o de la “corriente” eléctrica.
- Parece complicado, pero es algo tan simple como cortar y pegar.
- Cuando se habla del cáncer, las metáforas maestras provienen del vocabulario de la guerra: las células cancerosas se multiplican e “invaden”. También “colonizan” zonas remotas del cuerpo y la radioterapia “bombardea” al paciente con rayos tóxicos. En estos términos, el cuerpo es un campo de batalla.

## 2.7. La imaginación temática

Se hace necesario aclarar un poco más el término *themata* utilizado por Holton o a lo que Lorraine Daston se refiere como la imaginación temática. Estas ideas pueden ser encontradas en *The Role of Themata in Science*, escrita por el propio Gerald Holton y que fueron publicadas en *Foundations of Physics* (V. 26, 1996).

Hay que decir que mientras Holton estudiaba los trabajos de Einstein, se percató de un hecho que condujo a una nueva y fructífera parte de sus investigaciones sobre éste y otros científicos. Como se muestra en la obra de Einstein, este recurría una y otra vez, de forma brillante, pero silenciosa, a un conjunto de conceptos rectores fundamentales que no eran ni verificables ni falsables. Estos conceptos incluían, en su construcción de la teoría, la primacía de la búsqueda de la unidad; la invariabilidad; la explicación formal en lugar de la materialista; la parsimonia lógica; la simetría; el continuo, la causalidad y la completitud. Además, sus contrarios, sostenidos por otros científicos, como la acausalidad y la incertidumbre, fueron fuertemente opuestos.

Holton llamó a todos estos conceptos motivadores *themata* (sing. *Thema*). Descubrió que estos conjuntos temáticos cruciales, que definen el estilo y difieren entre sí, estaban también en el centro de la investigación de muchos otros científicos, desde la antigüedad hasta Johann Kepler y Niels Bohr. Esta idea fue utilizada posteriormente por otros historiadores de la ciencia y por estudiosos de otros campos. Sus descubrimientos



llevaron a Holton a publicar su libro *The Thematic Origins of Scientific Thought* (Harvard University Press, 1973, edición revisada en 1988).

Dice Holton que Newton, Kepler, Einstein y:

...muchos otros, se servían para sus investigaciones no solo de las herramientas e intuiciones habituales, sino también, poderosamente, de cierto tipo de concepciones fundamentalmente filosóficas, calladamente asumidas por ellos, que he denominado ideas “temáticas”. Los hallazgos de mis trabajos sobre ellas me llevaron a incorporar también en mis libros y en mis actividades, como profesor y mentor, los elementos humanistas que animan todo verdadero avance y conocimiento (Fundación BBVA, 2021, 25 de septiembre).

El análisis temático, según Holton, son como las huellas dactilares que pueden caracterizar a un científico individual o a una parte de la comunidad científica en un tiempo dado. Kepler trabajaba al mismo tiempo con tres ideas temáticas básicas: el universo como una máquina física, el universo como una armonía matemática y el universo como un orden central teológico

Para Holton el análisis temático en la enseñanza de la historia de la ciencia es una de las nueve herramientas conceptuales necesitadas para la completa comprensión de un evento o caso en la historia de la ciencia. Se recomienda para que conozcan, entiendan y comprendan las herramientas mencionadas que se lea el artículo de Ricardo Guzmán titulado La filosofía de la ciencia de Gerald Holton: Una alternativa para entender la naturaleza de la creación científica, que aparece en los Apuntes Filosóficos (28 del 2006, pp. 128-129). Según Holton, las temáticas con frecuencia aparecen en diadas opuestas. Y coloca los siguientes ejemplos:

- continuidad/discontinuidad (como en el atomismo)
- complejidad/simplicidad
- reduccionismo/holismo
- unidad/niveles jerárquicos
- causalidad/probabilismo
- análisis/síntesis.



También dice que existen algunas tríadas como:

- evolución/estado de reposo/involución
- mecanicismo/materialismo/modelos matemáticos

Holton también considera que algunos científicos no han necesitado de un conjunto de ideas temáticas como es el caso de Enrico Fermi, mientras que otros han cometido errores por aferrarse a inapropiadas ideas temáticas como son los casos de Mach y Ehrenhaft (Contreras, 2021, pp. 86-87).

También Galileo cometió errores por las mismas razones que Mach y Ehrenhaft. Veremos a continuación uno de esos errores.

...aparte del carácter indigerible del estilo de Kepler a la hora de escribir, su estilo de pensar entronizaba de lleno al manierismo en el sistema solar a los ojos de Galileo. Según este, según Aristóteles, y también según Copérnico, todo movimiento celeste tenía que proceder en términos de la superposición de círculos, por ejemplo, en un epiciclo circular llevado a un deferente circular. El círculo y el movimiento uniforme a lo largo del círculo eran las marcas propias de la uniformidad, perfección y eternidad. Kepler en un principio también había pensado de esta manera, pero luego se dejó llevar por los datos, y en contra de sus mejores instintos, proclamó su primera ley: que los planetas se mueven describiendo elipses alrededor del Sol. Así pues, no se hallaban en lo que Galileo consideraba como movimiento "natural", sino que variaban continuamente su velocidad mientras se movían.

Para Galileo, que seguía completamente hechizado por la circularidad, la elipse era un círculo distorsionado -una forma indigna de los cuerpos celestes. La primacía del círculo era para Galileo lo que yo he llamado uno de esos presupuestos temáticos irresistibles sin los que su imaginación científica no hubiera podido operar. Y no solamente en el cielo, sino también en la Tierra. Como señala el propio Galileo: "Todos los movimientos humanos o animales son circulares". Correr, saltar, caminar, etc., son tan sólo movimientos secundarios que dependen de los primarios, de lo que tiene lugar en las articulaciones; "el salto o la carrera son producto del juego de la pierna con la rodilla y del muslo con la cadera, que son movimientos circulares".

Al final, el encantamiento del círculo no logró socavar gravemente la cosmología de Galileo. Pero sí tuvo consecuencias nocivas para su física, porque le impidió darse cuenta de que el movimiento más natural es el rectilíneo y no el circular. En lugar de eso, Galileo mantenía, como puede comprobarse en el libro I del Dialogo, que la naturaleza permite el movimiento en línea recta sólo de vez en cuando y con la única finalidad de restablecer el orden. Una vez que el elemento en cuestión ocupa el lugar que le corresponde, "tiene que permanecer inmóvil o, si se mueve, hacerlo sólo de modo circular".





Así pues, Galileo paso por alto la idea que constituye la mismísima base de la mecánica moderna y que ahora conocemos como la primera ley de Newton, es decir, que, en ausencia de fuerzas, todo cuerpo permanece en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme. Es verdaderamente irónico que el honor del descubrimiento de este principio de inercia al final fuera a parar al inglés, a quien ningún esfuerzo de imaginación podría haberle hecho considerarse a sí mismo admirador ni crítico de ninguna de las artes (Holton, 1992, pp. 25-27).

Y para cerrar esta historia que integra los tipos de imaginación que se utilizan en las investigaciones científicas y que deben ser impregnadas hasta el tuétano en los profesores y estudiantes, nada mejor que una frase de Albert Einstein que nos muestra su nivel de imaginación y que sobre todo hoy nos debe mantener bien alertas: “No sé qué armas se usarán en la Tercera Guerra Mundial. Pero puedo decirle cuáles se usarán en la cuarta: ¡piedras!”



Recepción: 15-01-2022

Aprobación: 14-03-2022

**Web of Science/Core Collection**

**Historias relacionadas desde las ciencias con humanística**

Jorge Luis Contreras Vidal  
Edgardo Remo Benvenuto Pérez  
Henry Curbelo Sosa  
Rafael Armiñana García  
Daniel Iván García Vivas  
Samaria Sitlali Hernández Martínez  
Lizette Adriana González Gómez  
Sergio Octavio Valle Mijangos



## **Epílogo necesario**

Las historias relacionadas aquí descritas son una ínfima parte de todos los fenómenos que se asocian en las diferentes esferas de la realidad que existen en nuestro mundo. Tener presente siempre, que cada objeto o fenómeno con los que nos enfrentamos a diario, guarda relación con disímiles objetos y fenómenos que los circundan a diario, es una manera de ser conscientes acerca del porqué la naturaleza es tal y como la vemos. Todos los seres humanos y, en especial, los profesores, deben tener siempre presente esto para hacerlo llegar a sus estudiantes en la formación que reciben en las diferentes instituciones educativas.

Esperamos que este libro, junto a los ya publicados por nuestro equipo internacional de investigadores, sirva como guía a seguir en el noble afán de comprender la concatenación universal de todos los procesos en los cuales nos vemos involucrados día a día.

## Referencias bibliográficas

Abdalla, M. y Máximo Sandín (2020). A ciência e a origem do novo coronavírus: um debate necessário. Publicado en Le Monde Diplomatique. <https://diplomatique.org.br/a-ciencia-a-origem-do-novo-coronavirus-um-debate-necessario/>

Acosta, M. (2008). *Marie Curie: pasión por la investigación científica*. Instituto de Estudios de la Familia. Julián Romea, 23-28003 Madrid. <http://www.ceu.es/usp/if>. ISBN: 978-84-96860-67-4. Depósito legal: M-14987-2008. Compuesto e impreso en el Servicio de Publicaciones de la Fundación Universitaria San Pablo-CEU.

Alamino, D. J. (2005). Giordano Bruno: varias lecturas de una vida y un pensamiento. En Palabra Nueva, *Revista de la Arquidiócesis de La Habana*. No. 144, Año XIV septiembre 2005, pp. 61-66.

Altshuler, J. (2013). A propósito de Galileo. [editorial@fondodeculturaeconomica.com](mailto:editorial@fondodeculturaeconomica.com). ISBN 978-607-16-0316-6. Hecho en México.

Altshuler, J. (1966). *Galileo IV Centenario*. La Habana: Academia de Ciencias de Cuba.

Arons, A. B (1970). *Evolución de los conceptos de la Física*. México: Trillas.

Barrachina, R. O. (s/f). RAYOS MISTERIOSOS. Instituto Balseiro, Av. Bustillo 9500, R8402AGP San Carlos de Bariloche, Río Negro, Argentina. ([www.ib.edu.ar](http://www.ib.edu.ar))

Baily, C. (s/f). *Early Atomic Models—From Mechanical to Quantum (1904-1913)* Department of Physics University of Colorado Boulder, CO 80309-0390, USA

Beléndez Vázquez, Augusto (2015). "Thomas Young y la naturaleza ondulatoria de la luz". OpenMind, 13 de junio de 2015.

Bombal Gordón, F (2014). Galileo Galilei: un hombre contra la oscuridad. *Rev. R. Acad. Cienc. Exact. Fís. Nat. (Esp)*. Vol. 107, Nº. 1-2, pp 55-78, 2014 XVI. Programa de Promoción de la Cultura Científica y Tecnológica.



Busch, U. (2016). Wilhelm Conrad Roentgen. El descubrimiento de los rayos X y la creación de una nueva profesión médica. Rev Argent Radiol. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rard.2016.08.003>

Contreras Vidal, J.L. (2008). Recursos didácticos integradores para facilitar, en la estructura cognoscitiva de los profesores, la formación de conceptos del área de las ciencias naturales en la secundaria básica. ISBN 978-959-16-0801-7. Editorial Universitaria del Ministerio de Educación Superior de la República de Cuba. Ciudad Habana.

Contreras Vidal, J.L (2021). Cien años de imaginación: Gerald Holton como Historiador, Científico y Humanista, Editorial: Ediciones Gesicap, Ecuador, 122pp

Contreras Vidal, J.L; Benvenuto Pérez; E.R; Sifredo Barrios, C; Rivero Pérez, H.R; Pedraza González, X. (2019). La Teoría de la Omisión y su impacto en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física. ISBN: 978-959-7225-42-3 Editorial Académica Universitaria (Edacun) Universidad de Las Tunas. Cuba.

Contreras Vidal, J.L., Valle Mijangos, S.O, González Gómez, L.A, Benvenuto Pérez, E.R, Pedraza González, X (2020). La humanística en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física y la Química. Editorial Académica Universitaria (Edacun). ISBN. 978-959-7225-74-4. Universidad de las Tunas. Cuba

Contreras Vidal, J.L. y otros (2020). *GENIALES ACTITUDES (+) Principio de Grandeza*. Editorial Tecnocientífica Americana. ISBN: 978-0-3110-0008-1. Disponible en: <http://www.etecam.com/index.php/etecam/article/download/28/58>

Correo (1985). ¿Por qué la guerra? Carta de Albert Einstein a Sigmund Freud. Revista Correo de la Unesco. ISSN: 2220-2315

Daniushenkov, V. y Corona, N. (1991). Historia de la Física. La Habana: Pueblo y Educación.

Diario El Comercio. (2021). Disponible en: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:sskXrmjcQhMJ:https://>



[www.elcomercio.es/culturas/201504/30/pagan-euros-copia-diario-rc.html+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=cu](http://www.elcomercio.es/culturas/201504/30/pagan-euros-copia-diario-rc.html+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=cu) 20150430014044-

Esteban Santos, S (2002). Introducción a la historia de la química. Cuadernos de la UNED. Universidad Nacional de Educación a Distancia – Madrid. ISBN: 84-362-4347-1

Fundación BBVA (2021, 25 de septiembre). Discurso de aceptación de Gerald Holton por haber recibido el Premio Fronteras del Conocimiento en Humanidades [Vídeo] [https://www.youtube.com/watch?v=SzhmZNR\\_AUs](https://www.youtube.com/watch?v=SzhmZNR_AUs)

Holton, G. (1992). La imaginación en la ciencia. Publicado en Imágenes y metáforas de la ciencia, compilación realizada por Lorena Preta. Alianza Editorial, 28pp

Holton, G. (1989). Galileo y la Nueva Astronomía. En *Introducción a los Conceptos y Teorías de las Ciencias Físicas*. Editorial Reverté, S.A. Cali.

Galilei, G (1945). Diálogos acerca de dos nuevas ciencias. Editorial Losada, S. A. Moreno 3362, Buenos Aires.

García Molina, P. (2014). Entrevista a Mario Bunge, filósofo de la ciencia. <https://www.agenciasinc.es/Entrevistas/Me-quedan-muchos-problemas-por-resolver-no-tengo-tiempo-de-morirme>

Garduño, Everardo. (2010). La Conquista de América: El problema del otro. *Culturales*, 6(12), 181-197. Recuperado en 04 de febrero de 2022, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-11912010000200008&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-11912010000200008&lng=es&tlng=es).

Gordon, José, (2013). Serendipia, el accidente feliz [En línea]. Revista de la Universidad de México. Nueva época. Enero 2013, No. 107 <http://www.revistadelauniversidad.unam.mx/articulo.php?publicacion=12&art=212&sec=Columnistas>

Koyré, A (1966). [Introducción a la lectura de Platón](#). Publicado por Alianza Editorial, 1966. 198p





Lander Caracas, E. (1994). *La ciencia y la tecnología como asuntos políticos*. Editorial Nueva Sociedad. ISBN: 980-317-055-4

Lindell, B. (2012). *Historia de la radiación, la radioactividad y la radioprotección: La caja de Pandora* / Bo Lindell; con prólogo de Abel González. - 1a ed. - Buenos Aires: Sociedad Argentina de Radioprotección. ISBN 978-987-26798-1-1

López Astorga, M. (2009). El sueño de Kekulé: ¿Es la creatividad el resultado del esfuerzo o de la inspiración? *Ciencia Cognitiva: Revista Electrónica de Divulgación*, 3:1, 27-29.

McCoy, A. N y Yong Siang Tan (2014). Otto Loewi (1873–1961): Dreamer and Nobel laureate *Singapore Med J*.Jan; 55(1): 3–4. doi: 10.11622/smedj.2014002. PMID: PMC4291908

Mulet Hing, L.N.; Hing Cortón, R. (2008). La historia de la química y el desarrollo de la sociedad. *Tecnología Química*, vol. XXVIII, núm. 3, pp. 15-27 Universidad de Oriente Santiago de Cuba, Cuba. ISSN: 0041-8420

Páez, Y; Castro Machado, R; Rodríguez, M.A; Niaz, M (2004). *Los Modelos Atómicos desde la perspectiva de la historia y filosofía de la ciencia: un análisis de la imagen reflejada por los textos de química de bachillerato*. Versión impresa ISSN 1316-0087. *Investigación y Postgrado* v.19 n.1 Caracas.

Papp, D. (s/f). *Historia de la Física. Desde la Antigüedad hasta los Umbrales del Siglo XX*. Disponible en: [www.liborsmaravillosos](http://www.liborsmaravillosos).

Poveda Ramos, Gabriel (2003). La electricidad antes de Faraday. Parte 1. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (30),130-147.[fecha de Consulta 29 de Enero de 2022]. ISSN: 0120-6230. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43003013>

Rooney, A. (2013). *De la filosofía natural al enigma de la materia oscura. La Historia de la Física*. Grupo Editorial Tomo. ISBN-13: 978-607-415-473-3



Souto, M. (2016). El sueño de Dmitri Mendeléiev. <https://principia.io/2016/08/25/el-sueno-de-dmitri-mendeleiev.ljM4OCI/>

Strathern, P. (2000). El sueño de Mendeléiev. De la alquimia a la química. EAN: 9788432310461. ISBN: 978-84-323-1046-1, 285pp

Thomas, G. (2004). El diario perdido del «Enola Gay». Crónica del diario El Mundo. Disponible en: <https://www.elmundo.es/cronica/2004/460/1092067836.html>

[Ulloa Guerrero, L.H \(1995\). Roentgen y el descubrimiento de los rayos X. Revista de la Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia - Vol.43 N°3 \(Págs. 150-152\)](#)

Yanes Galera, Marlene Magali, Ferrer Cabrera, Dania Caridad, Betancourt Camargo, Zulema, & Torres Maya, Hugo Freddy. (2020). El ingeniero y científico Leonardo da Vinci (1452-1519). *Conrado*, 16(73), 393-399. Epub 02 de abril de 2020. Recuperado en 04 de febrero de 2022, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1990-86442020000200393&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442020000200393&lng=es&tlng=es).



## Historias relacionadas desde las ciencias con humanística



Texas, 19 de marzo de 2022

La Editorial Tecnocientífica Americana se encuentra indizada, entre otras, en las siguientes bases de datos:

