

# LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES



# LA INVESTIGACIÓN ➤ CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES





# LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

PhD. José María Lalama Aguirre Lcdo. Mg.  
Doctor en Filosofía Psicología;

Master en Artes; Licenciado en Artes

*Docente Investigador de la Universidad Técnica de Cotopaxi*  
[jelala12@hotmail.com](mailto:jelala12@hotmail.com)

PhD. Silvia Montes Cruz Ing.  
Doctora en Ciencias Agrícolas;  
Ingeniera Agrónomo

*Docente Investigadora de la Universidad Técnica del Norte*  
[smontes@utn.edu.ec](mailto:smontes@utn.edu.ec)

Mg. Patricia Geraldina López Fraga Dra. Lcda.  
Magister en Ciencias de la Educación mención en Gestión Educativa y Desarrollo  
Social; Doctora en Contabilidad y Auditoria;  
Licenciada en Contabilidad y Auditoria Contadora Pública

*Docente Investigadora de la Universidad Técnica de Cotopaxi*  
[patricia.lopez@utc.edu.ec](mailto:patricia.lopez@utc.edu.ec)

PhD. Raúl Bolívar Cárdenas Quintana Mg. Dr. Lcdo. Esp.  
PhD; Doctor en Ciencias Pedagógicas; Magister en Docencia Universitaria y Administración Educativa; Magister en Ciencias de la Educación mención Planeamiento y Administración Educativa; Diploma Superior en Didáctica de la Educación Superior; Doctor en Ciencias de la Educación mención Investigación y Planificación Educativa; Licenciado en Ciencias de la Educación Profesor de Segunda Enseñanza en la Especialización de Castellano y Literatura; Profesor de Educación Primaria - Nivel Técnico Superior

*Docente Investigador de la Universidad Técnica de Cotopaxi*  
[raul.cardenas@utc.edu.ec](mailto:raul.cardenas@utc.edu.ec)



# DATOS DE CATALOGACIÓN

Jose María Lalama Aguirre

Silvia Montes Cruz

**AUTORES:** Patricia Geraldina Lopez Fraga  
Raúl Bolívar Cárdenas Quintan

**Título:** La Investigación Científica y los Grandes Descubridores

**Descriptores:** Investigación Científica; Análisis de Datos; Descubrimientos Científicos;  
Desarrollo Social; Historia.

**Edición:** 1<sup>era</sup>

**ISBN:** 978-9942-787-37-8

**Editorial:** Mawil Publicaciones de Ecuador, 2019

**Área:** Educación Superior

**Formato:** 148 x 210 mm.

**Páginas:** 183

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.26820/mawil/la-investigacion-978-9942-787-37-8>



## *Texto para Docentes y Estudiantes Universitarios*

El proyecto didáctico *La Investigación Científica y los Grandes Descubridores*, es una obra colectiva creada por sus autores y publicada por MAWIL; publicación revisada por el equipo profesional y editorial siguiendo los lineamientos y estructuras establecidos por el departamento de publicaciones de MAWIL de New Jersey.

**© Reservados todos los derechos. La reproducción parcial o total queda estrictamente prohibida, sin la autorización expresa de los autores, bajo sanciones establecidas en las leyes, por cualquier medio o procedimiento.**

\*Director General: Mg. Vanessa Quishpe Morocho.

\*Dirección Central MAWIL: Office 18 Center Avenue Caldwell; New Jersey # 07006

\*Gerencia Editorial MAWIL-Ecuador: PhD. Lenin Suasnabas P.

\*Editor de Arte y Diseño: Eduardo Flores.



# LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

REVISORES

PhD. Wilfrido Palacios Paredes

[wpalacios@uce.edu.ec](mailto:wpalacios@uce.edu.ec)

*Docente de la Universidad Central del Ecuador*

Dra (c) María Leonor Parrales Poveda

[marialeonor\\_72@hotmail.com](mailto:marialeonor_72@hotmail.com)

*Docente de la Universidad Estatal del Sur de Manabí*

<b>ÍNDICE</b>	<b>PÁGINAS</b>
<b>CAPÍTULO I</b> LÓGICAS, LENGUAJE E HISTORIAS.....	17
<b>CAPÍTULO II</b> CNEWTON O LAS CONCHAS MÁS BONITAS DE LA PLAYA.....	39
<b>CAPÍTULO III</b> FRANCIS BACON: EL SABER ES PODER.....	55
<b>CAPÍTULO IV</b> EL FLOGISTO, EL OXIGENO Y EL EXTRAÑO CASO DEL REVOLUCIONARIO DECAPITADO POR LA REVOLUCIÓN.....	69
<b>CAPÍTULO V</b> CHARLES DARWIN, UNO DE LOS GENIOS DE ESTOS SIMIOS QUE SOMOS.....	91
<b>CAPÍTULO VI</b> LOUIS PASTEUR, DESCUBRIDOR DEL MUNDO DIMINUTO.....	107
<b>CAPÍTULO VII</b> MARIE CURIE, LA DAMA DE LAS RADIACIONES.....	121
<b>CAPÍTULO VIII</b> SIGMUND FREUD, EL DESCUBRIMIENTO DEL INCONSCIENTE Y LOS APUROS DEL YO.....	133
<b>CAPÍTULO IX</b> EINSTEIN Y LA VELOCIDAD RELATIVA DE LA IMAGINACIÓN.....	147
<b>CAPÍTULO X</b> CIENCIA, RUTINAS Y AVENTURAS.....	167
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>179</b>

## **PRÓLOGO**

Este libro tiene dos motivaciones. La primera es la necesidad y el gusto de relatar, con asombro y admiración, algunos aspectos de la vida y obra de los grandes de la ciencia, inspirados por la labor de los grandes divulgadores de la ciencia, esos personajes de la escritura situados entre la literatura de ficción y disfrute, y las áridas exposiciones de los textos especializados, entre los que contamos desde, no sólo cultores de la ciencia ficción, como el famoso Isaac Asimov (quien, de paso, es un químico profesional), hasta notables científicos como Freeman Dyson, el mismísimo Albert Einstein y el destacado Werner Heisenberg, gran innovador en el campo de la física cuántica. Saber que esa literatura de divulgación científica también estuvo en las infancias y adolescencias de varios gigantes del pensamiento, nos da la razón de lo acertado del objetivo. El segundo motivo de este texto es de carácter didáctico. El tercero, epistemológico.

En el sistema educativo, en las universidades con mayor claridad, se nota la impronta de una desviación del positivismo, cuyos síntomas son, entre otras, la existencia misma de las cátedras de metodología, con la impartición de clases acerca de un conjunto de reglas y procedimientos estandarizados, abstraídos de una investigación específica. Esto pudiera ser beneficioso hasta cierto punto para el estudiante. Lo cierto es que esta manera de “enseñar ciencia” la presenta como una repetitiva y aburrida actividad en la cual no hay cabida para la imaginación y la aventura, ni siquiera la del pensamiento.

Por supuesto que se deben enseñar los protocolos de las diferentes heurísticas o “artes de descubrir” de las disciplinas concretas. El asunto es que esta no es la única manera de transmitir un saber acerca de cómo saber. Acercarse a la ciencia no debiera parecerse a acercarse a las lúgubres puertas de una cárcel, mucho menos a las calientes fauces de una fábrica; sino la entrada a un mundo maravilloso, incluso a un divertido parque de diversiones. Exageramos. Bueno: al menos es conveniente que los muchachos y muchachas sepan que van a pasarlo bien.

En este punto, el presente texto propone variar un poco el ángulo, y explorar desde una visión alternativa de la ciencia, que ya no hace énfasis en las reglas, normas y procedimientos estandarizados, sino más bien en los procesos

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

concretos, las derivas, desorientaciones, problemas concretos, salidas ingeniosas, en fin, la ciencia vivida por los propios científicos, en especial aquellos que tuvieron un “momento inaugural” en el cual los deslumbra, asombra y a veces hasta los “posee” un gran descubrimiento que impactará a la Humanidad. Pero además, nos proponemos hacerlo con un ánimo diferente. Queremos hablar de ciencia con amenidad. El fastidio o, peor, el aburrimiento, no debieran estar entre los sentimientos que provoca conocer los descubrimientos científicos.

Los protocolos reglamentados de la ciencia, eso de lo que se pasa revista en los manuales y cátedras de metodología, se nos revelan entonces sólo como un producto residual de una actividad apasionante, en cuyos inicios y desarrollo no siempre contaba con esa arrogante seguridad con que ahora, una vez alcanzadas ciertas certezas, se nos presenta. Por otra parte, echamos luz sobre los científicos, seres de carne y hueso, con sus propias debilidades, vicios y virtudes, que no pocas veces se equivocaban, pero seguidamente, demostrando una honestidad ejemplar y muchas veces una fortaleza admirable y hasta heroica, retomaban el trabajo corrigiendo y ensayando nuevos caminos para conquistar esa nueva verdad que cambiaría la visión del mundo de sus contemporáneos y las siguientes generaciones.

Igualmente, el cuerpo mismo de los conocimientos científicos se nos ofrece, desde esta nueva visión, como el fruto de muchas circunstancias, peripecias, esfuerzos inauditos, peleas inclusive, así como incertidumbres, desvelos o hasta sueños y casualidades.

Es interesante constatar que ver la ciencia desde su historia y los episodios de su desarrollo, corresponden a un nuevo tipo de reflexión de la ciencia, de la epistemología, que, no es que deseche toda la labor de destacados filósofos centrados en los aspectos lógicos y simbólico-lingüísticos del discurso científico, sino que se pregunta acerca de sus cambios, de los factores que han llevado a la institución del saber a cuestionarse en un momento dado lo asumido como definitivamente cierto. Porque si alguna cosa distingue a la ciencia, especialmente con aquel saber frente a la cual montó tienda aparte con una distinción tajante, es su rechazo a los dogmas, a las creencias basadas especialmente en la fe, la tradición y las autoridades.

Así, este texto simpatiza más con la visión de las epistemologías históricas y

**LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA  
Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

descriptivas, que con las de tipo lógico-lingüísticas, y en definitiva, normativas.

El objetivo del texto es dar a conocer los trabajos y hazañas de algunos de los científicos que más han impactado la visión del mundo de todos nosotros. Más allá de los aspectos biográficos, de la especulación psicológica, nos interesa mostrar el aspecto de aventura de pensamiento que la ciencia es, con la intención de atraer nuevos cultores de esa gran tarea que es comprender, hasta donde nos permita nuestra humana condición, el universo entero.

*PhD. José María Lalama Aguirre*



## **INTRODUCCIÓN**

Possiblemente por la influencia del empirismo norteamericano que participó activamente en las transformaciones de la educación superior latinoamericana a mediados del siglo XX, incluso con la apertura de ciertas carreras como la sociología, la metodología se presentó como una cátedra aparte de las de contenidos específicos de las profesiones, de talante fundamentalmente preceptivo, llena de instrucciones a seguir, sin casi reflexión, abstraída e independientes de las investigaciones concretas, lo cual le daba un aire entre complicado y aburrido. Los protocolos, reglas e instrucciones de detalles, le llegaban a los estudiantes, impuestos, sin casi justificación, sin ningún margen para la discusión o, por lo menos, con una justificación que no fuera la de una racionalidad lineal y una objetividad indudable.

Se impuso así la imagen de la actividad de la ciencia, como algo secreto, si no misterioso, aparte del cuerpo de conocimientos reconocidos que presuntamente era el resultado. La ciencia demasiadas veces se presentó como un conjunto de procedimientos definitivos y estandarizados. Algo que pudiera clasificarse como una cultura gramaticalizada como las llama Yuri Lotman (1998).

Según este científico de la cultura hay dos variedades de formas para conservar y transmitir una tradición cultural: mediante el aleccionamiento en reglas, o a través de textos o de la exaltación de ejemplos hasta lograr la imitación por parte de los iniciados. Lo que hemos estado tratando de señalar en que las cátedras de metodología convencional presentan la ciencia como una cultura de la primera clase. Dicho en otros términos: en ellas se hace énfasis exclusivo en el contexto de justificación, la lógica y la argumentación del conocimiento ya hecho y apoyado, y se excluye completamente el marco del descubrimiento, el de los avances y retrocesos del investigador, sus problemas y los intentos por resolverlos.

Por supuesto, en el contexto de justificación se trata de una reconstrucción de la ciencia que se concentra en los productos terminados y oculta el proceso mismo de la producción. El presente texto expresa el deseo de replantear la manera de presentar la actividad científica. Comunicar los saberes de una manera diferente al canon que cierta tradición epistemológica logicista ha impuesto en el tema de la metodología, no a partir de unas prescripciones o, en el mejor de los

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

casos, de una lógica lineal, sino desde la referencia a las experiencias de los propios científicos descubridores, reconstruidas por la historia de la ciencia, para evocar la emoción del descubrimiento, además de comprender las condiciones que posibilitaron el logro, las búsquedas, avances y retrocesos, los problemas que se les fueron presentando, así como las ocurrencias, los ingenios, hasta las circunstancias en que esos descubrimientos fueron reconocidos por las instituciones y la significación que adquirieron en la sociedad.

Se trata entonces de descubrir como descubrieron los grandes descubridores. Vista desde allí, la ciencia puede adquirir el brillo y el interés de una narración policial al estilo de los grandes escritores de misterio Edgar Allan Poe o Conan Doyle. Los detectives descritos por ese tipo de literatura tienen bastante de científicos. El Dupin de “La carta robada” de Poe y el famoso Sherlock Holmes, combinaban el culto a la lógica con el acopio y análisis de los hechos, los indicios y pistas, con el asombro como fuente de disfrute. Lo mismo ocurre con las conocidas series de TV forenses como CSI o “Criminal Minds”, entre muchas otras.

Estructuraremos el libro en una serie de capítulos que, igual darán cuenta de un importante episodio de la ciencia, referencias biográficas y tal vez psicológicas de los grandes científicos, sus peripecias en su época y contexto social y político, para finalmente exponer una tesis epistemología y metodológica pertinente al descubrimiento y aporte científico determinado.

En un primer capítulo, exploraremos los dos tipos básicos de epistemología, para luego centrarnos en reflexionar acerca de ella desde las modalidades históricas. Esto para comprender los objetivos que nos proponemos.

El segundo capítulo estará dedicado a Newton, su pensamiento y circunstancias, su pensamiento epistemológico y filosófico en general, y las pugnas por la primacía con sus colegas, así como una reflexión general de su gran aporte a la física.

En el capítulo tercero nos centraremos en Francis Bacon y su crítica a los obstáculos a la ciencia o la experimentación desprejuiciada.

El cuarto capítulo se centrará en el descubrimiento de la combustión y del

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

oxígeno lo cual desplazo al flogisto como explosión del fuego, como ilustración de la tesis de la historia de los paradigmas según Kuhn.

Darwin y sus aventuras por el mar y la revolución que ocasionó, tanto en la biología, como en la filosofía acerca de la concepción del ser humano y su lugar en la naturaleza, será el tema del capítulo 5.

En el capítulo 6, abordaremos los avances en el descubrimiento de los microorganismos que ocasionan tantas enfermedades, desembocando en la aventura científica de Pasteur.

El séptimo capítulo lo dedicaremos a la figura, inteligencia y logró científico de Marie Curie, descubridora de la radiación y sus aportes a la física.

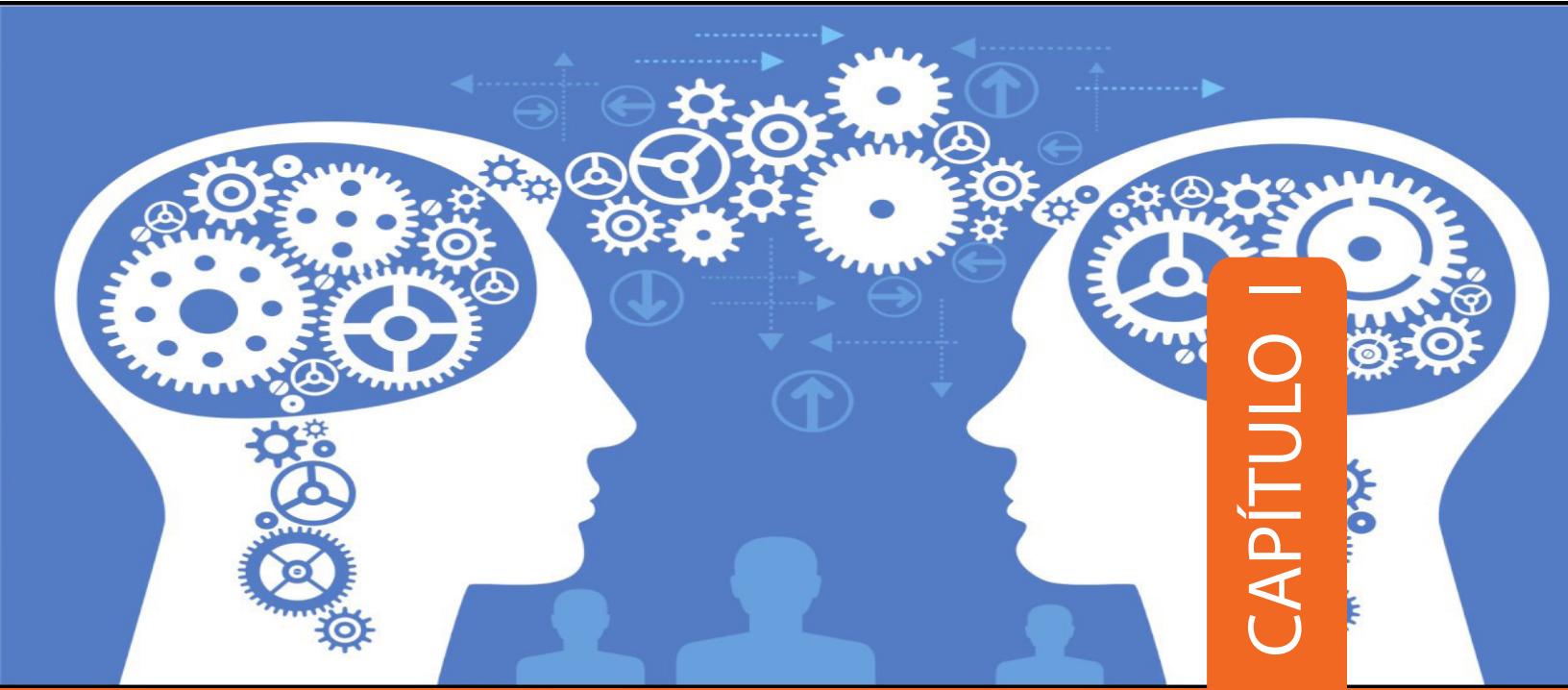
El capítulo 8 tratará acerca de Einstein, su teoría de la relatividad que explica cómo el universo todo depende de lo rápido que seas, conocimiento que constituyó una verdadera revolución en medio de mundo convulsionado por las guerras.

El capítulo 9 se dedicará al descubrimiento del doctor Freud, El inconsciente, que constituyó un verdadero golpe al narcisismo racionalista y mostró de donde venían los designios de Mister Hide.

Finalmente en el capítulo 10 trataremos de sintetizar las principales reflexiones y conclusiones de nuestro recorrido por todas estas aventuras del pensamiento, a conciencia de que no podemos nunca ser concluyentes, absolutos y definitivos en lo que a ciencia se refiere.

Como ya hemos expresado, la amenidad no tiene por qué ser expulsada del conocimiento de la ciencia. Por ello, hemos incluido, aquí y allá, referencias a programas de televisión, películas y textos literarios de disfrute. De esta manera, buscamos acercar a los grandes descubridores hasta descubrir en ellos algo básico: su humanidad.





## CAPÍTULO I

# LÓGICAS, LENGUAJE E HISTORIAS



[www.mawil.us](http://www.mawil.us)



## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

Es muy posible que si le preguntáramos a cualquier persona en la calle o a los estudiantes de una clase de la Universidad o de algún instituto de educación media, acerca de las características personales de los científicos, las respuestas aludan a su gran inteligencia. Algunos agregarán que se distinguen del montón por su visión o su estricta disciplina. Ahondando en el aspecto más individual y hasta superficial, o sea, en cómo lucen, cómo se los imaginan, cómo visten, cómo reaccionan en el trato íntimo, la mayoría coincidiría en que son gente un tanto extraña, distraída; es más, cómicamente olvidadiza con los asuntos de la vida cotidiana. Algunos hasta visualizarán en ellos varios rasgos de “locurita”, arranques de ira o ausencias quasi psicóticas que los aíslan de los demás mortales normales.

Si proseguimos la averiguación de la “imagen” de los científicos, aparte del detalle de que los entrevistados los ven casi todos como hombres (es raro que alguien conciba siquiera que haya científicas, al menos como representantes del gremio), recogeremos una visión bastante curiosa. Estos “loquitos” trabajan en lugares secretos, laboratorios ubicados en el estacionamiento de una casa o sucios hangares. Tal vez, algunos estudiantes asegurarán que comen muy poco y hasta que tienen raras manías y aficiones. Incluso puede que reproduzcan algunos rasgos de los personajes de una serie de TV (*The Big Bang Theory*) donde aparecen varios jóvenes científicos o “nerds” fanáticos de los superhéroes de los comics y de la literatura de ciencia ficción, muy inhábiles en el trato con el sexo opuesto y como tontos o autistas perdidos en un mundo lleno de astutos aprovechadores.

Casi todos estos científicos de la visión popular generalizada, visten batas blancas, con lentes de muchos aumentos, delgados y narizones, o con una larga melena blanca despeinada e inmensos bigotes bonachones. Esta última imagen, por supuesto, corresponde a la de las fotos y afiches donde aparece un simpático Einstein con su facha característica sacando una inmensa lengua.

Es posible que los científicos y las científicas tengan algunas de esas características, propias, por otra parte, de muchas más personas que nunca se han planteado realizar una carrera dedicada a la investigación científica. Salta a la vista que la apreciación generalizada de la ciencia, es positiva. Aunque de vez en cuando el estereotipo de Lex Luthor, el científico malvado archienemigo de Superman, se haga presente en la imaginación popular, y la gente se detenga a

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

considerar algunas consecuencias “malas”, no de la ciencia, sino de su utilización por parte del propio científico loco o, en todo caso, de los gobiernos, los militares o las grandes corporaciones.

Por supuesto, la realidad es mucho más complicada. Un gran número de grandes descubridores de la ciencia no las tuvieron para nada fácil resolver su propia supervivencia y mantener a su familia, para no hablar de la terrible lucha por el reconocimiento de sus hallazgos en el trabajo investigativo. Un profesor mexicano llamaba la atención acerca del hecho de que figuras clave de la historia de la ciencia como Charles Darwin, Marie Curie, Charles Wright Mills, Louis Pasteur o el propio Newton, no serían aprobados por la aplicación de los criterios de acreditación científica que aplican algunos gobiernos (en este caso, el mexicano, según Raúl Rojas Soriano, 2016). Algunos duraron demasiado trabajando para poder mostrar un producto más o menos aceptable. Darwin, verbi- gracia, formulador de la revolucionaria teoría de la evolución natural, duro casi 27 años acopiendo indicios en un viaje por casi todo el mundo. Pasteur duró 10 años para mostrar resultados firmes, igual que Einstein y otros. Por supuesto, este argumento pudiera servir también para algunos que simplemente no trabajan. Tampoco se trata de alegar que cualquiera que se tarda en mostrar algún producto, sea un genio. Ni tan calvo ni con dos pelucas.

Muchos investigadores hicieron planteamientos demasiado audaces para su tiempo, ideas que iban en contra del consenso que privaba en ese momento entre sus pares acerca de conceptos o teorías, por lo cual fueron desdeñados, invisibilizados o, incluso, expulsados de la comunidad donde debían pertenecer por derecho propio. Todos esos casos muestran que fueron muy hábiles e inventivos, no sólo en las disciplinas científicas que profesaban, sino en arreglárselas para tener familia, sobrevivir y hasta continuar con sus arduos estudios. Nada de distracciones y raras aficiones. Más bien mucha abnegación y alerta parece ser la enseñanza de estos grandes.

Por otra parte, hoy en día, la ciencia no luce como una actividad pequeña, artesanal, casi familiar. Por el contrario, los gobiernos más poderosos de la tierra, las inmensas corporaciones transnacionales y las fuerzas armadas de todo el mundo, invierten y disponen instalaciones y cuantiosos recursos para desarrollar, eso sí, las investigaciones que les interesa. Nunca como hoy el aserto de Bacon “saber es poder”, se ha hecho más vigente. Y como hay poder y riqueza

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

de por medio, hay también riesgos e intenciones no tan sanas, en contraposición de la bienintencionada conseja de que la ciencia busca siempre el progreso y el bienestar de la Humanidad. Ya no es tan así. Precisamente por el valor estratégico y fundamental que ha adquirido el conocimiento científico en la contemporaneidad, es que es objeto de los intereses más poderosos y, por ello, le rodea un aura de secreto, de intenciones ocultas para nada bondadosas o misantrópicas. Es por ello que hoy la ciencia (y los científicos, aunque eso ha sido siempre, si a ver vamos) está envuelta también en el debate ético y político. Los riesgos de su aplicación no sólo se aprecian en el desarrollo de armas de destrucción masiva, lo cual ocasionó una crisis moral entre los científicos que trabajaron en el proyecto de la primera bomba nuclear utilizada en guerra, sino también en las consecuencias terribles de su extensión a todos los aspectos de la vida.

De modo que esa visión, un tanto ingenua, del científico loquito haciendo experimentos en el patio de su casa, es tan solo fruto de la imaginación de los guionistas de dibujos animados, incluso en el caso de esos empresarios del software, hoy los ricos más ricos del mundo, que narran que comenzaron con un préstamo familiar en el garaje del hogar de sus padres.

La ciencia también tiene la imagen de ser un territorio árido, difícilísimo salvo para los genios, lleno de rutinas fastidiosas, regulaciones demasiado detalladas, protocolos incomprensibles. Algo así como la fabrica de la película de Chaplin “Tiempos Modernos”, de la cual siempre recordamos la escena donde el pobre obrero, representado por Charlot, es literalmente tragado por una máquina de producción en serie, en cuyas entrañas, llenas de engranajes inmensos, pasa a ser simplemente un cuerpo extraño, una basura que hay que extraer, fuera de lugar. Motivo agregado para ver a los científicos y las científicas como seres extraños ¿Cómo puede gustarles eso tan enredado? Para cualquiera es inexplicable, imposible de entender y mucho menos, de simpatizar, el gusto por esa ocupación tan ingrata.

Pero resulta que esos hombres y mujeres se entregaron con una pasión intensa a sus ocupaciones, a sus búsquedas. Algo delicioso e inmensamente satisfactorio debía tener su trabajo, como para ser objeto de tanta concentración. Definitivamente, los científicos y las científicas son unos bichos raros. Por eso, precisamente, es importante y además interesante mostrar un aspecto diferente de la ciencia, desde la pasión del descubrimiento de sus grandes pioneros y pio-

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

neras. Tal vez, de esa manera, por la vía del ejemplo, sus ocupaciones resulten más atractivas, y más eficaz la educación orientada hacia las ciencias en nuestros países.

Este texto se propone una visión comprensiva de algunos momentos claves de la historia de la ciencia, ensayando a partir de allí, las enseñanzas primordiales de ellos, las cuales han quedado en la tradición de las distintas disciplinas como orientaciones epistemológicas y metodológicas. De esta manera quedarían evidenciados, no sólo los aspectos lógicos y lingüísticos del cuerpo de los conocimientos, sino también su carácter de resultado de un proceso de producción y, sobre todo, de unas vidas concretas, llenas de circunstancias difíciles algunas, pero siempre interesantes..

Como este libro trata acerca de la investigación científica, y como la disciplina que representa una reflexión de la ciencia acerca de si misma, es la epistemología, ella debe ser traída a colación. Por epistemología se entiende, por un lado, la filosofía de la ciencia, especialmente aquella que pretende responder a las preguntas acerca de la demarcación entre lo que es y lo que no es conocimiento científico, lo cual remite a sus criterios de validez, sus métodos, sus valores, sus aspectos lógicos y lingüísticos, y sus fundamentos. Por otro lado, hay una variante de la epistemología que realiza su reflexión a partir de su historia, de los procesos concretos por los cuales las teorías y conceptos aparecen, emergen, se ponen en boga, cambian, se desplazan, evolucionan y se revolucionan, así como la relación de estos desarrollos con la línea de los acontecimientos sociales, políticos y artísticos: guerras, revoluciones, cambios de gobierno, mudanza de modas y costumbres, fama de algunas corrientes literarias o artísticas y cosas por el estilo..

La ciencia, entonces, designa por lo menos tres cosas:

1. Un cuerpo de conocimientos de unas características lógicas y lingüísticas determinadas,
2. Una institución social e histórica,
3. Una práctica con sus normalidades, continuidades y discontinuidades.

Se pueden tipificar las epistemologías según hagan énfasis en alguno de estos aspectos. Así, Lossee (1989) distingue entre epistemologías lógico-prescriptivas,

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

que establecen unas reglas y modelos generales de lo que debe ser la ciencia, y por ello se centran en los aspectos lógicos y lingüísticos (incluidas sus *modalidades discursivas*, es decir, la fuerza, certeza o duda que se tiene cuando se dicen o escriben: si son hipótesis, afirmaciones firmes o simples suposiciones, ensayos o sistemas teóricos, su grado de abstracción, su correspondencia con los hechos delimitados y observados, etc.); mientras que hay epistemologías históricas y descriptivas, que se centran en la ciencia como práctica y como institución social, enmarcada en una historia que comprenden acontecimientos políticos, sociales, culturales y hasta biográficos y personales de los protagonistas de los avances y construcciones científicas.

Así, si consideramos la epistemología como la reflexión de la ciencia sobre sí misma, nos encontraremos, de un lado, justificaciones filosóficas de Ciencias específicas, construcciones lógicas y lingüísticas acerca del cuerpo de conocimientos reconocidos como científicos, inferencias metodológicas a partir de elaboraciones ontológicas y éticas, y por otro lado, biografías, historias de teorías o conceptos, reconstrucciones históricas de acontecimientos sociales y políticos que enmarcaron ciertos desarrollos.

Todos esos estudios se pueden agrupar en los dos tipos de epistemología a los que se refiere Losse (1989): las epistemologías lógica-normativas y las socio-históricas.

Entre las primeras contamos los aportes de los neopositivistas, Ayer, Wittgenstein, Russel, Popper, Berlín, entre otros. Entre las del segundo tipo figurarían las propuestas por Kuhn, Lakatos, Foucault, Holton. Los primeros se centran en los aspectos lógicos y/o lingüísticos - semánticos del discurso científico. Los otros, elaboran conceptos modélicos que dan cuenta de las regularidades en las prácticas, experiencias y discursos, algunos conectándolos con aspectos contextuales como la formación de comunidades científicas, dispositivos de poder o epistemes, paradigmas o programas de investigación. Algunos enfatizan el entorno histórico o historia externa de la ciencia; otros la historia interna de ella, la evolución de teorías o conceptos o las circunstancias particulares de los descubrimientos.

Dentro de lo que agrupamos como epistemologías lógica-prescriptivas, destacan dos planteamientos centrales que corresponden a otras tantas tendencias

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

filosóficas: el positivismo lógico y el falsacionismo. Sus principales representantes son, por el lado del neopositivismo, autores como Wittgenstein, Ayer, Tarski, Russel, etc. El problema principal que se plantea esta corriente es el de “limpiar” el lenguaje científico de las expresiones que consideran “sin sentido” pues no se refieren con precisión, o bien a un hecho que pueda constatarse directamente o mediante instrumentos, ni mucho menos medirse con exactitud mediante una experiencia controlada del estilo de un experimento, o bien una demostración matemática o lógica, que finalmente se pueden reducir a tautologías (expresiones matemáticas en las cuales lo que está del lado izquierdo del signo de equivalencia sea lo mismo que lo que está del lado derecho).

En otras palabras, quedan excluidas de la ciencia, por decreto de los positivistas lógicos, la poesía, la metafísica, la religión y todo lo que se le parezca, puesto que, o bien solamente expresan los *sentimientos* o la habilidad personal de cada autor, o se refieren a ciertas entidades, como el Ser o los espíritus, demasiado abstractas como para ofrecer evidencias observables, o a ciertos problemas que no se pueden resolver ni por la vía de la experiencia ni por la de la razón lógica, como el carácter creado o eterno del Universo o la existencia del alma humana.

Tradicionalmente, esos enunciados o afirmaciones metafísicas, religiosas o poéticas, pertenecen a una tradición, por lo que su certeza es puramente subjetiva, de cada quien o, cuando mucho, de cada comunidad de creencias, como las diferentes feligresías o Iglesias, puesto que se fundan únicamente en la fe, en la costumbre o en la autoridad de ciertos “Padres Fundadores” o “Héroes culturales”. De esto se desprende que afirmaciones como “Jesús es el Hijo de Dios”, “Jesús fue concebido por obra y gracia del Espíritu Santo”, “la poesía de Rubén Darío constituye una realización extraordinaria del espíritu latinoamericano” o “la música de Bach eleva el espíritu hacia la perfección”, no pueden ser científicas.

Esto parece tener sentido. Pongamos un ejemplo. Carlos va a una ciudad vecina a la suya, y cuando regresa le comenta a Juan, su amigo, que ha conocido a “la chica más linda del mundo”, “una mujer de una belleza deslumbrante”. Después de varias visitas, Carlos le anuncia a su compañero que va a llegar a la estación de autobuses su nueva novia, pero que él no puede ir a buscarla porque estará en el trabajo, y le pide el favor a Juan. Este sólo tiene como descripción para reconocer a la muchacha la referencia emocionada que le dio Carlos. Pues

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

les aseguro que no logró conseguir a la desdichada joven en ninguno de los andenes de la estación de transporte colectivo. El lenguaje usado por Carlos evidentemente era inadecuado, aunque expresaba perfectamente lo que sentía por su querida. Otra cosa hubiera pasado si la hubiese descrito como una muchacha de unos 20 años, de una estatura de 1,60 metros, de cabello castaño, delgada, vestida con unos jeans azules y una franela amarilla, llevando un bolso negro. Imagínense describir algo como un electrón o una molécula con el lenguaje romántico y emocionado, pero completamente inadecuado, de Carlos.

Para uno de los más destacados positivistas lógicos, Wittgenstein, en su primera etapa, para que una frase o proposición tenga sentido, tiene que estar en correspondencia con un hecho indivisible, considerado en particular, siendo la realidad un conjunto indefinido de hechos. Esta concepción del lenguaje científico se encuentra como premisa del llamado “verificacionismo”, o doctrina según la cual las afirmaciones, para ser científicas, deben estar disponibles para la contrastación empírica, de la observación o la experiencia. Por supuesto, hay variantes y grados de verificacionismo. Para unos, todos los enunciados científicos deben ser contrastables directamente, en el acto, por decirlo así. Para otros, sólo deben contemplar la *posibilidad* de ser constatables, ser verificables en *principio*.

Pero esta opinión filosófica ni siquiera fue consensual entre los positivistas lógicos. Para Isaiah Berlin (2005), por ejemplo, una y otra versión del verificacionismo, tanto la llamada “fuerte” y la “suave”, aunque tienen la virtud de plantear un criterio claro para distinguir y demarcar el lenguaje de la ciencia del de la poesía, la metafísica o la religión, son demasiado estrechos para justificar los enunciados *reales, existentes*, de la ciencia actual, que consta de afirmaciones generales y proyectados, bien hacia el pasado, o bien hacia el presente. Es decir, no es posible verificarlos, ni todos, ni de inmediato.

Una alternativa para resolver el problema lo presenta el principal exponente del falsacionismo, también llamado racionalismo crítico, Karl Popper. Ya para Popper (1998), el problema no es tanto lingüístico, sino fundamentalmente lógico. Se resume en lo que él denomina “el problema de la inducción”. La inducción es un razonamiento por el cual se va de una o varias afirmaciones particulares (por ejemplo “este hombre y este hombre y este hombre y...es mentiroso”) a una generalización que abarcaría la totalidad del conjunto de experiencias con-

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

sideradas. En nuestro ejemplo, la repetición de la misma experiencia, nos llevaría a concluir que “todos los hombres son mentirosos”.

La cuestión, nos dice Popper, es que esa generalización universal no se puede hacer desde el punto estrictamente lógico. Sería tan sólo una suma de constataciones particulares, pero siempre es posible que se produzca una experiencia que la niegue e impida su totalización en una afirmación de validez universal; sólo se trata de un conjunto de observaciones hechas hasta ese momento. O sea, no es posible deducir una afirmación universal (del tipo que hacen las teorías científicas en sus llamadas “leyes”) de las experiencias particulares observables o empíricas; pero, por el contrario, sí es correcto *refutar* o *falsar* afirmaciones universales desde afirmaciones negativas particulares. Siguiendo nuestro ejemplo anterior, sí es correcto negar la afirmación universal de la mentira de los hombres, si se da el caso de un hombre que sea veraz y diga lo cierto. Por ello, para Popper, la auténtica actividad científica debiera ser aquella que consiste en *refutar, falsar o corregir* las teorías a partir de las experiencias, reguladas por el método hipotético deductivo.

Para Popper, esas refutaciones se producen en el marco de la comunidad científica, por cuanto, para él, la ciencia es una empresa colectiva, comunitaria, y por eso debe estar expuesta permanentemente a la crítica de los pares, de otros científicos. Así, Popper establece lo que él llama criterios de demarcación, los límites de la ciencia, que la separa de otros tipos de discursos o de “saberes”. Ese criterio de demarcación popperiano es la refutabilidad. Toda teoría científica debe ser discutible y pasiva de ser refutada. Si no lo es, si no provee ella misma de los medios de posible refutación, a través de experiencias límites o experimentos cruciales, ya se hace sospechosa de ser metafísica o poética. Es por ello, que Popper excluye de la ciencia al psicoanálisis y al marxismo, por cuanto sus representantes, según el filósofo inglés, siempre tienen un argumento sacado de la chistera para evitar las refutaciones, acusando al crítico de ser un “enemigo de clase” o de ser víctima de resistencias propias de su inconsciente. O sea, ya la teoría provee explicaciones a todas las posibles refutaciones, mediante un encasillamiento en una categoría de su propio discurso.

Esto último quiere decir, aparte de la prescripción de un único método científico (el hipotético-deductivo), que los investigadores deben deducir de las teorías (que son un sistema de afirmaciones universales o generalizaciones), suposicio-

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

nes o anticipaciones particulares, es decir hipótesis, que son las que se pueden contrastar empíricamente. Mientras las hipótesis se comprueben, la teoría se mantiene; pero basta un “experimento crucial”, una experiencia clave para atacar las suposiciones de la teoría, para refutarla, o al menos, revisarla a fondo. Basta que un solo hombre diga la verdad, para echar por tierra la “teoría de los hombres mentirosos” que han elaborado algunas mujeres.

La propuesta filosófica de Popper luce muy sensata y lógica. De hecho en campos como la economía y algunas tendencias de la sociología es la visión epistemológica predominante. El autor sugiere un método científico único (el hipotético-deductivo, como hemos dicho, en lugar del inductivo), coincidiendo hasta cierto punto con sus predecesores del positivismo lógico, y también un modelo para hacer estudios en el campo de las ciencias sociales (economía, sociología, antropología y hasta en la historia), partiendo de un modelo de lo que ocurriría si todos los participantes de un hecho social fueran racionales, para contrastarlo con lo que ocurre en la realidad, e ir corrigiendo la teoría de ese modelo hasta lograr explicar las desviaciones. Pero hay un detalle muy significativo: el propio falsacionismo no se puede falsar. Esto puede sonar extraño pues el mismo Popper sostiene, como ya hemos dicho, que una teoría es científica si y sólo si puede ser refutable. O sea, que el falsacionismo o racionalismo crítico no es científico.

Esto no debiera sorprender. Popper sabe que está hablando en un plano filosófico y además en términos prescriptivos, no descriptivos. No dice nada sobre lo que es efectivamente la ciencia en la actividad de los científicos concretos, reales, no habla sobre cómo ocurren las cosas en la realidad, sino de lo que *debería* ocurrir en la ciencia para ser tal cosa, o de lo que los científicos *deberían* practicar. Se trata de un conjunto de prescripciones e instrucciones generales para los científicos, y no de una descripción de lo que ocurre en la realidad histórica de la ciencia.

En respuesta a esto, existen lo que hemos llamado (siguiendo a Losee) los modelos de epistemología histórica. Ellos son varios, a saber: los paradigmas, los programas de investigación y los epistemes.

Los Paradigmas, de acuerdo a Thomas Kuhn (1983), son trabajos científicos ejemplares que le establecen un conjunto de valores, métodos, conceptos y

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

problemas a una comunidad científica, que se ve así delimitada y constituida, y que establecen los parámetros dentro de los cuales se forman las nuevas generaciones de científicos. Los paradigmas nacen del consenso dentro de esas comunidades científicas: por ejemplo, de los físicos, los químicos, los biólogos, los geólogos, etc., disponen de un conjunto de problemas, teorías, conceptos, modelos y métodos con los cuales resuelven sus investigaciones y la producción del cuerpo de conocimientos que les es propio. Por eso, cuando hablamos de paradigmas, podemos estar refiriendo a una disciplina (la química, la física, la bioquímica, etc.), o a una tendencia dentro de una disciplina (los evolucionistas, los partidarios de los agujeros negros, etc.), o a un modelo de científicidad (es decir, un conjunto de prescripciones acerca de lo que es y no es ciencia: un criterio de demarcación).

Ahora bien, Kuhn, a partir de sus estudios históricos, descubre que hay ciertas situaciones típicas en la evolución de los conceptos, de los modelos y de las teorías, y señala que hay, tanto períodos de normalidad y paciente trabajo de acumulación de experiencias y evidencias en la consolidación de ciertas teorías y métodos, como momentos de dificultades o de verdaderas crisis en los que aparecen problemas nuevos, situaciones para las cuales la ciencia, como se practicaba hasta esos momentos, no brinda soluciones, ni siquiera sabe cómo plantear los problemas adecuadamente. Así, Kuhn distingue la “Ciencia normal” y la aparición de *anomalías*.

Estas últimas, a la postre, pueden provocar una crisis que pueden hacerse crónicas en un estancamiento lamentable, o bien se resuelve con una revolución científica, en la cual se desplaza un paradigma por otro. Estos cambios o transformaciones pueden ser más o menos radicales. Pueden ilustrarse con una circunstancia tan desconcertante como aquella en la cual jugamos fútbol y estamos a punto de disparar una patada que pueda conquistar un anhelado gol, cuando, de pronto, nos encontramos jugando ajedrez, y ya no se trata de pasar la pelota ni de dar patadas y correr a lo largo y ancho de un campo, sino de hacerle jaque mate al rey moviendo de acuerdo a una estrategia las distintas piezas en el tablero cuadriculado. Es decir, la revolución científica, producto de la multiplicación de las anomalías hasta un punto crítico, puede conducir a cambios en las estrategias, en algunas reglas, y hasta en todo el juego. Por supuesto, a veces basta el cambio de una regla para cambiar el juego. Imaginemos cómo quedaría el beisbol si, de acuerdo a una nueva normativa, un out se produce después de cin-

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

co strikes. O si en el futbol fuesen permitidos los puñetazos y los golpes bajos. O en el basketbol la pelota fuera del tamaño de la del tenis. Esos cambios, por supuesto, implican transformaciones en la formación de las comunidades científicas en cuestión, con las consecuencias naturales en las instituciones donde desarrollan su trabajo. Los jugadores de futbol tendrían que entrenar en boxeo o en lucha libre, aunque ya hoy en día, con las actuales reglas, a veces parece que estuviéramos presenciando una pelea callejera en ciertos partidos.

Consideramos que el principal aporte de Kuhn, en este enfoque epistemológico histórico y descriptivo, es el de resaltar y explicar el carácter comunitario, institucional e histórico de la ciencia, y de los ejemplos que siguen sus cultores, estableciendo determinados valores, problemas, métodos, conceptos y teorías. Otra contribución fundamental es el de evidenciar la dinámica de los cambios de las ciencias a través de las transformaciones en los consensos de las comunidades científicas. Por supuesto, cuando Kuhn habla de “revoluciones científicas”, no hay que imaginarse a unos científicos barbudos entrando en jeeps a la capital del país con unos fusiles y unos microscopios en la espalda. Pero sí se refiere a nuevos conceptos, nuevas metodologías, que terminan imponiéndose, cambiando las prácticas aceptadas hasta ese momento.

Pero el principal vacío en la teoría de Kuhn, que no pretende ser una filosofía, sino más bien una reconstrucción de la historia de algunas ciencias, es la falta de explicación de *por qué* se producen esos cambios revolucionarios más o menos profundos en la historia de la ciencia. Al no hacerlo, y no proponer, por ejemplo, un criterio racional para las transformaciones, deja la puerta a una visión contingente y hasta irracional de la evolución de las ciencias. En otras palabras, la ciencia cambia porque cambian los consensos en el seno de las comunidades científicas; pero esos cambios pueden ser debidos a multitud de cuestiones indeterminadas, desde un cambio en la correlación de fuerzas entre las opiniones en el seno de las instituciones implicadas, hasta un cambio de gusto o de humor ocasionadas por acontecimientos de un ámbito externo a la propia ciencia, como podría ser una revolución política o una nueva moda. Cualquiera pudiera declararse partidario de Kuhn porque hubo una revolución en su centro de investigación cuando entró una nueva directora de lo más sexi.

Otro epistemólogo (*¿o filósofo? ¿o historiador de la ciencia?*) que pretende dar cuenta de los cambios, aunque sin dar razón del *por qué* de ellos, en la evolu-

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

ción de los saberes, es Michel Foucault. El concepto clave para este autor es el de Episteme. Con este término busca caracterizar los: códigos generales que organizan la experiencia y el saber en cada momento histórico; es decir, el conjunto de regularidades con que en cada época se distinguen, observan, se nombran y se habla de las cosas, así como de las palabras que se usan para elaborar los discursos del saber. Así se llama uno de sus libros fundamentales: “las palabras y las cosas”, precisamente (Foucault, 2001).

A partir de un análisis de los discursos de saber, Foucault logra establecer una sucesión discontinua, o sea, no evolutiva, no poco a poco, sino mediante “saltos” y cambios bruscos, de los epistemes, que van, del siglo XVII hasta la actualidad, desde la centralidad de la regla de la similitud, pasando por la insistencia en las taxonomías en la época “clásica”, hasta las explicaciones modernas, que guardan un apego a la historia y las explicaciones causales, y, sobre todo, “descubre” al “Hombre” como objeto de estudio. Más allá, se insinúan nuevas posibilidades de otro episteme a partir de los conceptos de lenguaje, el inconsciente y la estructura. Foucault anticipa, para muy pronto, la disolución del objeto de estudio “Hombre” (como el del rostro moldeado en la arena de una playa, como describe con mucha belleza en las últimas páginas de su libro mencionado). De hecho, para él la posibilidad de que hubiese surgido ese objeto de estudio tan peculiar fue una situación contingente, la constelación formada por una “triada de saberes” que aborda como objetos de estudio el Trabajo, el Lenguaje y la Vida. Es decir, la economía política, la filología y la biología, ciencias que, además, “proyectan” ciertos conceptos claves (la función, el sistema, la norma, la regla, el conflicto, la transformación) en un espacio donde se dibuja precisamente el objeto de estudio “el Hombre”.

El estudio de las epistemes se hace posible gracias a una especie de disciplina, que Foucault denomina “arqueología del saber”, una modalidad especial del análisis del discurso, que no se enfoca en su aspecto retórico (argumentos persuasivos), ni en los lingüísticos o gramaticales, ni tampoco en los pragmáticos (qué rituales o actos se hacen con las palabras), sino en su aspecto “enunciativo”. El enunciado es la unidad de análisis de la arqueología foucaultiana, que desea descubrir las regularidades en cuanto a las posiciones del sujeto que dice, el campo de referencias al cual alude el discurso, las estrategias conceptuales y giros compositivos, y las relaciones entre varios tipos de discursos que conforman campos de relaciones constitutivas. Ahora bien esa “arqueología del saber”

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

Foucault, en obras posteriores, la completa con la “genealogía” que incorpora los dominios del Poder y del Sujeto.

De esta manera, el camino de Foucault llega a postular la articulación de las relaciones de poder, las modalidades de sujeto posibilitados por ellas y las regularidades de los discursos del saber, en lo que él denomina dispositivos de saber, o conjuntos articulados de discursos, poder y sujeto. Lo interesante de este derrotero de Foucault, es que vincula, de alguna manera, primero, los cambios en las formas de poder (entendido como relaciones que se dan a todo nivel, de instituciones como los hospitales, los manicomios, las prisiones, e interpersonal inclusive, y no sólo a nivel del estado o de la política entendida convencionalmente), segundo, el moldeamiento de los sujetos, los cuales desde este enfoque resultan ser productos de determinadas “disciplinas” que los mismos individuos se aplican a sí mismos, y, en tercer lugar, la maneras de conocer que en cada época ha predominado.

Por otra parte, los epistemes de Foucault, así como los paradigmas de Kuhn, brindan una conceptualización que sirve para entender las posibles periodizaciones en la historia de la ciencia. Pero ninguno de los dos ofrece una explicación general de la razón de esas transformaciones que se presentan, en los dos autores, como bruscas y radicales. Si tu pareja te deja, no es explicación suficiente que te diga que a ella le gusta la mantequilla.

Hasta donde alcanzamos a ver, es Imre Lakatos (1989) quien ofrece, si no una explicación general de los cambios, sí unos criterios racionales para escoger entre las distintas maneras de desarrollar y ejercer la investigación científica, y de esta manera pasar a otras fases en su historia. En el caso de este autor, es el concepto de Programas e Investigación la clave para la comprensión del problema.

Es interesante saber que Lakatos llega a sus conclusiones sosteniendo una polémica con Popper. Para este filósofo, como vimos, la ciencia cambia cuando las comunidades científicas someten a las teorías a una labor de falsación o refutación, mediante experiencias claves o experimentos cruciales. Para Lakatos esto no ocurre de esa manera. Por el contrario, los científicos partidarios de una teoría o una orientación epistemológica general, construyen Programas de Investigación, los cuales tienen una estructura compleja, en la cual hay un núcleo de premisas y varios cinturones sucesivos de hipótesis que sirven de protección

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

de los elementos centrales. Es por ello que en la historia de la ciencia, los experimentos cruciales no son suficientes para simplemente eliminar una teoría o una escuela científica. Siempre los partidarios de una explicación, ante una supuesta refutación de su núcleo de premisas, formularán una nueva hipótesis que expliquen, a la luz de la teoría defendida, los nuevos hechos que se traen a colación para falsarla. Esto no sólo ocurre con el materialismo histórico o el psicoanálisis, sino que sucede con todas las escuelas teóricas. Si a usted le refutan su afirmación de que estuvo en la casa de su mamá con el argumento de que lo vieron saliendo de un motel con una mujer, usted siempre puede recurrir a que el chismoso es un tipo de dudoso proceder, o la amiga impertinente le tiene rabia y hasta es posible que busque una ruptura matrimonial porque está interesada en usted. La cosa es defender, mediante nuevas hipótesis ad-hoc, el núcleo de su argumentación.

Aún así, Lakatos sostiene la posibilidad de establecer criterios racionales para escoger Programas en conflicto, que tienen que ver con su productividad de nuevas hipótesis, la posibilidad de ampliar el campo de experiencias explicadas hasta ese momento, así como la apertura de nuevos problemas y asuntos que con las teorías anteriores quedaban fuera de consideración. Estos criterios racionales no son simplemente expansivos. A veces implican un cambio tan radical como los que refiere Kuhn en su reconstrucción de la historia de algunas disciplinas como la química. Por otra parte, al mantener la posibilidad de que la razón da cuenta de los cambios en la historia de la ciencia, Lakatos se coloca en una postura completamente diferente a la de Kuhn quien, como ya dijimos, deja la puerta para explicaciones poco relacionadas con la tan llevada y traída racionalidad de los científicos.

Pero ¿qué ocurre cuando los criterios racionales, sensatos, ya no son creídos por nadie, cuando han perdido todo el respeto porque se han evidenciado como una especie de mentira en el mejor de los casos, meramente conveniente? Ese es el caso de la actualidad, según Jean Francois Lyotard (1986), quien caracteriza nuestros tiempos como “postmodernos” precisamente porque lo que se considera razonable como justificación misma de la ciencia, es decir, aquello de que representa un progreso en la emancipación y mejoramiento de la Humanidad, o como el compendio de lo mejor de la especie, es decir, de todos los saberes, ya no convence a nadie, especialmente a los que financian y posibilitan la actividad científica y académica. Es decir, en el lenguaje de Lyotard, los “metarrelatos

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

modernos” (la emancipación y el “Saber Absoluto”) han quedado completamente deslegitimados.

El planteamiento postmoderno de Lyotard pretende ser un diagnóstico de la situación de la ciencia y la academia universitaria en Europa para la década de los ochenta del siglo XX, pero todavía tiene una gran vigencia. Por varias vías, la ciencia ha dejado atrás las justificaciones ideológicas provenientes de la Ilustración europea, y ha terminado por legitimarse a sí misma gracias a sus éxitos prácticos, a su “performatividad”, su eficacia, tan solo en virtud de lo que hace al ser producida y dicha. Y esto, a su vez, depende de los financiamientos que posibilitan la implementación de instrumentos cada vez más costosos y caros. Así, la ciencia, ya fundida con la técnica, por cuanto su desarrollo ya no busca simplemente las verdades, sino sus aplicaciones en los campos militar y económico o comercial, ha quedado sujeta a las conveniencias de las grandes corporaciones y los proyectos militares de los gobiernos del centro del capitalismo mundial. La ciencia finalmente es determinada por los intereses de quienes la financian con fines de poder y beneficio económico. Por otro lado, el afán de innovaciones, ha derivado a una situación completamente nueva en que, lejos de conseguir nuevas certezas, la ciencia ya sólo ofrece la incertidumbre, el azar, el caos, y eso, hasta en los campos más “duros”: las ciencias naturales y las matemáticas. Imagínese usted que existe, creación del matemático René Thom, una teoría que permite calcular nada menos que el caos. No estoy al tanto de saber si ese gran descubrimiento científico le permitirá a usted descubrir que se han hecho las parejas de los calcetines que se le han perdido en el caos de su habitación; pero sí le aseguro que constituye un cambio en las reglas de juego de muchas actividades científicas.

Si la ciencia ha llegado a este punto, es hora de revisar lo que efectivamente ha sido. Y al examinar con detenimiento lo que han hecho los más significativos genios de la ciencia, nos conseguimos con que el contexto del descubrimiento, los intentos, avances y retrocesos reales que tienen los investigadores en su trabajo de desentrañar los enigmas y problemas que se plantean, rara vez son tan lógicos y seriales, como nos lo representan las reconstrucciones filosóficas del neopositivismo, que sólo se fijan en los resultados, y no en el proceso. Para Paul Feyerabend (1981) los científicos en su trabajo cometan verdaderos pecados contra el Espíritu Santo de la puridad lógica y metodológica. Y esto lo observa el autor que comentamos, precisamente en los trabajos más valiosos, significa-

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

tivos e innovadores de los trabajos científicos ejemplares. Feyerabend advierte que los investigadores hacen hipótesis ad hoc, acomodan los experimentos a su conveniencia, mezclan teorías, inventan en sus sueños las respuestas, ensayan cualquier recurso. Incluso llega a decir Feyerabend que el gusto, ese mismo sobre el cual no han escrito los autores, tiene un lugar a la hora de escoger entre diversas explicaciones de un hecho. Dice el autor, parafraseando nada menos que a Lenin, el gran líder revolucionario ruso:

*La historia en general, y la historia de las revoluciones en particular, es siempre más rica en contenido, más variada, más multilateral, más viva y sutil de lo que incluso el mejor historiador y el mejor metodólogo pueden imaginar. Accidentes y coyunturas, y curiosas yuxtaposiciones de eventos son la sustancia misma de la historia, y la complejidad del cambio humano y el carácter impredecible de las últimas consecuencias de cualquier acto o decisión de los hombres, su rasgo más sobresaliente ¿Vamos a creer verdaderamente que un racimo de simples e ingenuas reglas sea capaz de explicar tal red de interacciones (Feyerabend, 1981: 7).*

Es decir, que si existe alguna prescripción para hacer ciencia, la mejor ciencia, ese mandamiento tendría que ser el siguiente: “Todo vale”. Es por eso que Feyerabend denomina su planteamiento epistemológico como “anarquista”, y trata incluso de fundarlo en Hegel y los utilitaristas. Pero lo esencial de su propuesta es esa directiva tan chocante para cualquiera de las filosofías prescriptivas de la ciencia que hemos visto.

¿Esto significa entonces que la actividad científica, durante su ya larga historia, ha sido un gran desorden, una improvisación de métodos y protocolos, una fiesta de invenciones y ocurrencias geniales, sin ningún orden lógico, que no sea la falsa reconstrucción del contexto de justificación, en el cual se presenta, engañosamente, el trabajo científico como ordenadito por las reglas de la lógica y la gramática y la semántica rigurosas?

Gerald Holton (1984) prefiere ser más cauto. Descubre, eso sí, que la lógica y la observación empírica, la de los hechos, no son las únicas dimensiones del discurso científico. Como un investigador etnólogo que se adentra en la selva a observar las costumbres, el lenguaje, las extrañas manías de una tribu desco-

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

nocida, Holton ilumina las tres dimensiones del discurso científico. Las ilustra recurriendo a los ejes de un gráfico. Si bien hay un plano, que Holton llama de “contingencia”, marcado por los ejes “x” del razonamiento lógico, y “y” que se refiere a los hechos, hay otro eje, el “z”, que el autor llama de los Thematas, que designa las grandes imaginaciones científicas que, sin base ni en la observación ni en el razonamiento, han marcado las grandes realizaciones científicas. Así, las representaciones de los flujos y los reflujo, las de las partículas y las ondas, las causas eficientes y finales, etc., pertenecen a ciertos lugares comunes, algunos de los cuales provenientes de la Antigüedad, que han regido la imaginación científica. Holton es precavido y no se apresura a buscar explicaciones de estos “Thematas” en el incosciente colectivo, ni siquiera en las tradiciones culturales, pero sí, allí están determinando cómo se imagina las cosas los científicos, en comunicación con las maneras cómo se imaginan las cosas sus contemporáneos, a raíz de ciertos acontecimientos que pertenecen a otras series: culturales, políticas, artísticas, literarias, institucionales, etc.

Por supuesto, para estudiar esos “Thematas” Holton recurre a la reconstrucción histórica. Pero, en el marco de un estudio del desarrollo efectivo de las ciencias o una epistemología histórica-descriptiva, va más allá de la dicotomía entre historia interna (la de la biografía de los científicos, su propio recorrido y actividades) y externa (los entornos sociales, políticos y culturales en general) de la ciencia. Propone estudiar lo que llama las nueve dimensiones de la investigación histórica de La ciencia. Ellas son:

1. La conciencia que se tenga en el campo del conocimiento científico público de los hechos, datos, técnicas, teorías y tradiciones; en otras palabras, el estado del arte y de la cuestión que sirven de precedente o antecedente;
2. La evolución de un concepto y una teoría;
3. La reconstrucción histórica de la actividad particular de preparación del descubrimiento;
4. La biografía de la o el científico o grupo de científicos que llevaron a cabo el avance;
5. Los rasgos psicológicos del hombre o mujer de ciencia, testimoniados

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

por sus conocidos o hasta por el mismo, a partir de su biografía;

6. Los acontecimientos ideológicos, políticos o artísticos-literarios que contextualizan a la ciencia como institución;

7. El medio social o institucional en el que se produce el descubrimiento y se hará la recepción del mismo.

8. El análisis de la estructura epistemológica y lógica de la obra que está en estudio;

9. El análisis de las presuposiciones temáticas (o sea, imaginativas, ideacionales, metafóricas, estilísticos) del hombre o mujer de ciencia individual.

Estas dimensiones pueden resumirse en el análisis de los contextos sociopolítico, textual y psicobiográficos de los avances y descubrimientos científicos, junto al de sus antecedentes científicos y aspectos del estilo personal del investigador o investigadora..

Ahora bien, vistas todas estas reflexiones sobre las ciencias ¿cuál de los aspectos epistemológicos es más conveniente utilizar para transmitir la ciencia a las nuevas generaciones de profesionales y posibles científicos e investigadores? ¿Cuál aspecto, lógico-normativo o histórico, no sólo ofrece una visión más aproximada de ella, sino que brinda la información más eficaz para promover la actitud y la disposición científica entre los que se inician?

Una respuesta adecuada sería la de ofrecer una combinación de ambos aspectos. No, no estamos yéndonos por la salida fácil de decirle sí a ambas alternativas, como para no pelear con ninguno de los partidarios de cada opinión. Esta respuesta no es ambigua o cómodamente ecléctica, sino que se basa en serias consideraciones acerca de la transmisión de las culturas debidas al gran semiólogo Yuri Lotman.

Lotman, entre las diversas clasificaciones que ofrece, elabora una que se refiere a las formas de conservación de las culturas, a través de su transmisión a los niños y los jóvenes. Si la cultura es la suma de la información no hereditaria biológicamente, la cuestión de su transmisión es fundamental para la antropol-

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

gía y la semiótica. Esa cuestión se ve resuelta, en las muchas culturas estudiadas de dos maneras fundamentales..

Por un lado, en la conciencia de los novatos (conjunto que incluye a los niños, pero en nuestro caso, a los estudiantes y recién iniciados en la ciencia) no se introducen reglas, sino textos, entendiendo por texto, según Lotman, cualquier mensaje, discurso o señal que pueda elaborarse y comunicarse. Así, en un caso, el iniciado retiene numerosos empleos de los textos y sobre la base de estos, aprende a generarlos de modo independiente, convirtiéndose así en un miembro competente de la comunidad de la cultura. Por ejemplo, Homero Simpson le muestra a Bart, con su comportamiento, que hay que salir todas las noches a beber cerveza hasta emborracharse, hay que entrar en cólera y ahorcar a sus hijos o combinar desconsideraciones inmensas con su esposa, al mismo tiempo que dice que la ama.

En un segundo caso, a la conciencia del enseñado se introducen determinadas reglas, sobre la base de las cuales él también terminará por poder generar sus textos de manera individual, sin apoyo externo. Poniendo el mismo caso, en algunos episodios vemos a Homero Simpson diciéndole a Bart que debe ser amable con sus amigos, respetar las reglas y estudiar mucho.

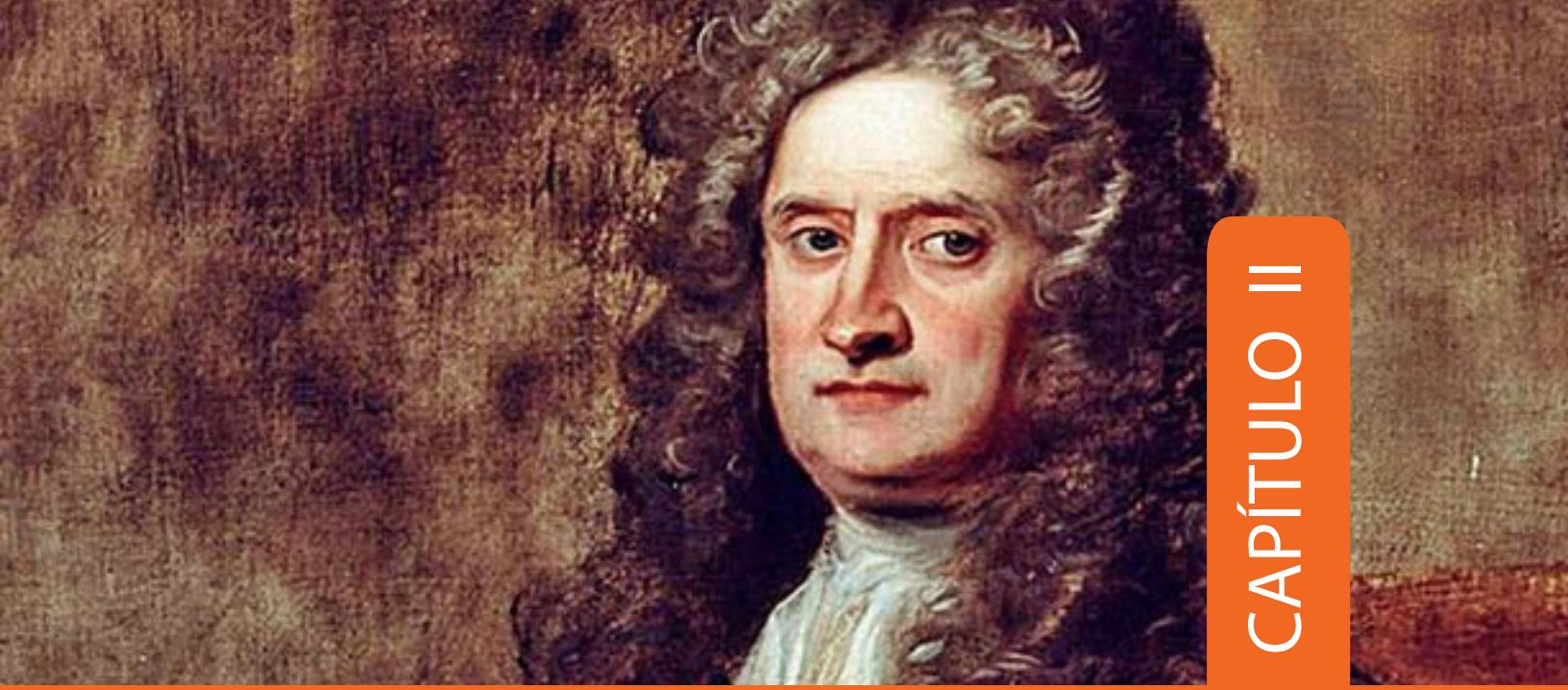
De esta manera, unas culturas se consideran como una determinada suma de precedentes, usos, textos; mientras que otras, se presentan más bien como un conjunto de normas y reglas. En el primer caso, lo correcto es lo que existe; en el segundo, existe lo que es correcto.

La importancia de la figura del iniciador, los héroes culturales, o los grandes descubridores en nuestro caso, en todos los casos es definitoria para la cultura. Así, unos enseñan determinada conducta, muestran, dan modelos de acción; mientras que otros instauran reglas. Según los primeros, las prescripciones autorizan; en el segundo caso, prohíben. La cultura de primer tipo el principio fundamental es la costumbre, en el segundo tipo, la ley. La primera, es la cultura de textos, la segunda, la cultura de gramáticas (ver Lotman, Ob. Cit.:125). Así, podríamos confrontar una cultura jurídica como la de Inglaterra, hecha de costumbres y usos de siglos, con la cultura de los países latinoamericanos que abundan en leyes, reglamentos y decretos que, en el texto, regulan casi todo.

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

El hecho de que haya estas diversas formas de transmisión de la cultura, puede ser la razón de posibles conflictos en el marco de cada una de ellas, puesto que toda cultura tiene una visión y estimación de sí misma, y cuando ésta muestra distancias apreciables, suelen producirse contradicciones, como en el caso e Bart Simpson al contrastar lo que hace y lo que dice su padre. El conflicto entre la cultura y su auto modelo puede profundizarse por el hecho de que tanto el texto como su modelo pueden construirse con arreglo a dos tipos de transmisión diferente: el de la regla o mandamiento, y el de la conducta visible y por tanto ejemplar. Un ejemplo de estas contradicciones sería el escándalo contemporáneo acerca de las prácticas de pedofilia de algunos miembros e la Curia católica, lo cual, evidentemente están en conflicto con las prescripciones morales de la misma religión. Siempre la disonancia entre lo que se dice (y se dice en forma de prescripción o mandamiento) y la práctica que se muestra, ocasiona muchos problemas para la cultura en cuestión.

Por eso, hemos preferido para este libro, en primer lugar, mostrar y narrar lo que hicieron figuras destacadas de la historia de la ciencia para lograr sus descubrimientos y grandes aportes teóricos; en segundo término, vamos a contextualizar sus vidas en una época con sus problemas políticos, sociales y tendencias culturales y artísticas, así como la situación de su respectiva comunidad científica enmarcada en instituciones concretas, para, en tercer lugar, en cada capítulo, reflexionar y sistematizar lo que podrían ser las principales enseñanzas que se desprenden de cada caso. Por supuesto, este camino que va de lo particular a lo general, puede tener sus riesgos, y no adecuarse a ciertas reglas, como la del método hipotético deductivo, por ejemplo. Pero pensamos que de esta manera nos ponemos en contacto con la vida de la ciencia, que, al final, es la vida de los científicos y las científicas. Pensamos que con ello tenemos un beneficio extra que es el de comprender mejor sus justificaciones teóricas y el significado histórico y general de sus grandes contribuciones al saber humano.



CAPÍTULO II

## NEWTON O LAS CONCHAS MÁS BONITAS DE LA PLAYA



[www.mawil.us](http://www.mawil.us)



**LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA  
Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

“No sé cómo puedo ser visto por el mundo, pero en mi opinión, me he comportado como un niño que juega al borde del mar, y que se divierte buscando de cuando en cuando una piedra más pulida y una concha más bonita de lo normal, mientras que el gran océano de la verdad se exponía ante mí completamente desconocido”

¿Qué les parece el anterior pensamiento? Aparte del estilo elegante y, si se quiere, delicado, pudiéramos pensar que fue dicho por una persona de una humildad ejemplar, o que, por lo menos, quiere mostrarse así. ¿Qué habrá hecho este hombre que se compara con la fresca curiosidad espontánea de un chiquillo? La metáfora del “gran océano de la verdad” es impresionante e impecable; así como la tierna visión del niño, cuya inocencia y alegre juego nos refrescan la existencia. Una gran admiración casi mística hacia el conocimiento, hacia la verdad, trasuntan esas palabras tan sugestivas y reveladoras que nos convencen amablemente de que la ignorancia humana nunca se acercará lo suficiente a lo inabarcable del universo, un océano frente a las pequeñas conchitas o piedritas pulidas de la playa.

Cuentan que este fue un comentario que hizo el gran Isaac Newton, considerado uno de los padres fundadores del pensamiento científico de todos los tiempos, poco antes de su muerte en diciembre de 1727, en el marco de una cena donde estuvo su sobrina, quien lo cuidaba por entonces. Pero, de Newton, es más conocida una narración repetida hasta el cansancio en las escuelas de todo el mundo, especialmente de su patria, Inglaterra. Incluso, ha sido motivo de ciertas caricaturas. El cuento se relaciona con una manzana, tal vez casi tan famosa como la de Adán y Eva.

Todo sucedió una cálida tarde de otoño, después de una opípara merienda. El gran científico, rendido por la modorra natural después de una suculenta y abundante comida, descubrió al fin una sombra amplia y protectora que lo invitó a recostarse a los pies de un paternal manzano. Estando ya descansando el genio, de pronto una manzana, tal vez ya en su punto en cuanto a sabor y consistencia, cayó, con una puntería digna de un brazo más que de una simple rama arbórea, sobre aquella cabeza ilustre que, enseguida, y motivada por aquel impacto inesperado, comenzó a maquinar la respuesta a una pregunta trascendental, tan aguda y desconcertante como las de un niño, quizás las del mismo que recogía las conchitas de la playa. El interrogante, desarrollado más tarde en muchas

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

variantes, fue ¿por qué caen las manzanas? En otra versión, dicen que aquella mente extraordinaria se interrogó acerca de si la misma fuerza que hacía que las manzanas cayeran en la cabeza de los genios, era la que hacía que la luna girara en torno a la tierra, y ésta, junto a todos los planetas, alrededor del sol. La respuesta fue una de las teorías más importantes de la historia de la ciencia universal. Se había “descubierto” la ley de la gravedad.

La sobrina de Newton le narró la historia al filósofo John Locke, quien se encargó de divulgarla. La narración tiene el mismo delicado estilo de la evocación del niño en la playa. Ambos cuadros nos muestran el trabajo de un científico como el resultado del asombro maravillado ante las cosas más sencillas de la vida, las aparentemente más insignificantes, acostumbradas, pequeñas, pero, a la vez, extraordinarias. El hombre de ciencia sería tan solo un niño curioso e inocente, o un simple transeúnte desprevenido que se acuesta al pie de un manzano a reposar su merienda y descollar una pequeña siesta en una soleada tarde otoñal. Lástima que haya documentos y testimonios que indican que el genio de marras no era tan humilde, inocente y distraído como él quisiera presentarse.

Claro, se trata, nada menos, que de Isaac Newton. Nacido en Woolsthorpe, Lincolnshire, en 1642. Físico, filósofo, matemático, alquimista, teólogo, inventor. En su obra inmortal, Principia Mathematica, publicada en 1687, formula matemáticamente la Ley de la Gravitación Universal, pero sus descubrimientos van mucho más allá hasta abarcar prácticamente todo el Universo. Sistematiza los principios de la mecánica universal, que todavía se usan hoy en muchos campos, entre ellos, la ingeniería: la ley de la inercia (ya anticipada por Descartes y, mucho antes, poniendo en riesgo su vida, por Galileo, en clara ruptura con Aristóteles, quien suponía que un cuerpo se mantenía en movimiento sólo mientras actuara una fuerza sobre él), la ley de acción y reacción (con toda acción ocurre siempre una reacción igual y contraria; las acciones mutuas de dos cuerpos siempre son iguales y dirigidas en sentidos opuestos), la ley de la interacción y el concepto y las consecuencias de la fuerza (el cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz externa y ocurre según la línea recta a lo largo de la cual aquella fuerza se imprime), así como el descubrimiento de que la luz blanca contiene los colores del arcoíris (en contra de la opinión de Bacon, quien sosténía que el despliegue colorido se debía a los prismas), así como desarrolló el cálculo diferencial e integral. Desarrolló el teorema del binomio y la Teoría Corpuscular de la Luz. Concibió la Ley de la convección térmica, la tasa de en-

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

friamiento de los objetos expuestos al aire. Estudió la velocidad del sonido en el aire; propuso una teoría sobre el nacimiento de las estrellas; estableció la ley de la viscosidad de los líquidos; entre otras muchas cosas.

Con un currículum y una obra así, que ha impactado profundamente nuestra manera de comprender el universo y ha impuesto un modelo para el conjunto de las ciencias, cualquiera puede justificar una inmensa autoestima y, ante los demás, hasta puede llegar a hacer soportable alguna que otra arbitrariedad o arrogancia. Y es verdad que sir Isaac Newton, tan respetable por su magnífica obra, cometió personalmente varias muestras de falta de consideración y arbitrariedad, e insistió en esa odiosa actitud en repetidas ocasiones.

Aunque existan abundantes testimonios y referencias de algunas circunstancias que nos muestran un hombre con graves dificultades para establecer relaciones de confianza y afecto con sus semejantes, sin relación durable con mujeres o amistades (salvo, tal vez, la colaboración con Halley, el descubridor del famoso cometa), lleno de soberbia y hasta de crueldad arrogante, no nos debiéramos detener demasiado en ello. Por el contrario, esas anécdotas pueden servirnos para reflexionar acerca de ciertos aspectos de la ciencia realmente existente, la ciencia como institución social, pero también como producción de ideas sobre el universo.

De esta manera, la vida y obra de Isaac Newton nos puede servir de pretexto para reflexionar acerca de, por ejemplo, la lucha por el reconocimiento de la originalidad y la primacía entre los científicos durante toda la historia de la ciencia moderna como institución en el mundo, luchas que resultan irónicas cuando se contrasta con el imperativo de la impersonalidad en la presentación de los resultados científicos y la insistencia en el anonimato al citar resultados instrumentales y estandarizados. Reivindicar la originalidad personal, de autor, parece más propio del campo de la literatura de ficción y poética.

Además, el examen de cómo surgen y se desarrollan las ideas más brillantes, nos ilustra acerca de la continuidad y la discontinuidad de la ciencia, lo cual lleva implicados los dilemas de las herencias, las deudas entre las generaciones y la “angustia de las influencias”. Así mismo, esas circunstancias nos muestran las llamadas hipótesis “temáticas” (como las llama Holton, Ob. Cit.) que aparecen en las obras científicas, es decir, la admisión implícita de supuestos, imágenes,

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

prototipos, metáforas, preconcepciones, que no pueden justificarse, ni a la luz de la experiencia o la observación, ni a la del razonamiento lógico o matemático.

Sin desear psicoanalizar a Newton, es posible ensayar, tomando en cuenta los traumas de su infancia, una interpretación de ciertos rasgos curiosos de su vida y obra, tales como su inclinación por los temas esotéricos y el rescate de antiquísimas herejías aun en contra de la religión oficial. Por último, y no menos importante, aprovecharemos la obra de Isaac Newton para comentar una concepción filosófica, la de Immanuel Kant, acerca de cómo el entendimiento humano puede llegar a conocer con validez las grandes leyes del Universo, sin necesidad de salir de la sombra de los manzanos de las praderas británicas. Esta concepción epistemológica es todavía vigente o, por lo menos, brinda el fundamento de una de las corrientes epistemológicas contemporáneas más importantes en el debate filosófico actual.

Las biografías de Newton suelen dar cuenta de dos grandes disputas por la primacía del descubrimiento de un gran avance científico, en las que se vio envuelto el genio, no precisamente de una manera honesta u honorable. Una, fue con Robert Hooke, quien había publicado, más de una década antes de la obra cumbre del gran científico, *Principia Matematica*, un texto en el cual se adelantaban varios conceptos e intuiciones acerca de la fuerza de la gravedad. La otra pugna por el reconocimiento fue a propósito del desarrollo inicial del cálculo diferencial, del cual el destacado filósofo, matemático, teólogo y escritor Gottfried Leibniz, mostró pruebas documentales de haber sido el primero en pensarlo o, por lo menos, haberlo desarrollado al mismo tiempo que Newton, aunque por su lado, independientemente. En ambos casos, las acusaciones de plagio retumbaron en la naciente comunidad científica de Europa entera. En los dos, la conducta de Newton fue, aun a la distancia de los siglos, bastante discutible.

Cabe destacar que estos asuntos de la prioridad en el descubrimiento y el reconocimiento de los descubrimientos, se han resuelto en la modernidad, por lo menos desde el siglo XVII, mediante la institucionalidad científica; es decir, tomando en cuenta las publicaciones acreditadas y el fallo de las asociaciones científicas.

En Inglaterra, por ejemplo, la institución fundacional de la comunidad científica fue la Sociedad Real para el Avance de la Ciencia, conocida generalmente

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

como la *Royal Society* la cual fue fundada en 1660 en Londres por un grupo de inquietos académicos y aristócratas, quienes sostenían sus experimentos e investigaciones con fondos provenientes de sus propios bolsillos, hasta que, en ese momento inicial, no sólo decidieron unificar las finanzas mediante una cuota, sino que lograron el mecenazgo y apoyo político de nada menos que el Rey de Inglaterra, Carlos III, lo cual ayudó indudablemente a los nuevos investigadores sin recursos personales. De esa ilustre asociación fueron presidentes, tanto Hooke como Newton, con una distancia de poco más que una década.

Cuando ejerció como cabeza de la *Royal Society*, Hooke, como ya dijimos, había publicado en 1674, un libro donde formulaba algunas intuiciones y propuestas acerca de la fuerza que ejercen a distancia los cuerpos de grandes masas, con los cuales explicaba el movimiento de la Luna. Hablaba de la gravedad como una de estas fuerzas. De hecho, otros científicos se referían a la gravedad. Esto nos lleva a pensar que el cuento de la manzana cayendo en la cabeza del genio, como disparador del descubrimiento de la gravedad, no es tan así. En todo caso, Newton tuvo el mérito de darle una formulación lógica y matemática a varios fenómenos que ya habían sido observados y reflexionados por varios de sus colegas, especialmente el señor Hooke.

Newton, una vez publicado los *Principia Matemática*, en 1687, su obra cumbre, recibió varias cartas de parte de Hooke reclamándole que no había hecho ninguna referencia a sus trabajos, que mucho menos reconocía que ellos habían servido de antecedentes para la gran formulación de la ley de la gravedad que conocemos hoy: todo cuerpo recibe una fuerza de atracción hacia otro cuerpo en razón directamente proporcional a la masa e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ambos. También el viejo científico le recomendaba al joven considerar otros aspectos de su trabajo anterior, por ejemplo, la sugerencia de concebir la curvatura de una órbita en línea recta, por efecto de la gravedad, y que la atracción siempre es dos veces proporcional a la inversa de la distancia. Esta proposición implicaba que los planetas se mueven en órbitas elípticas y no circulares, como creería un aristotélico. Todo esto lo había compartido Hooke con el propio Newton en una carta de 1679.

La respuesta de Newton fue, en un primer momento, aparentemente cordial. Aparente porque había cierta ironía en ella y, si reparamos en algunos detalles, se nos revelará burlona y hasta ofensiva. Newton le envió una carta negando

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

que hubiese plagiado los avances de su colega y diciéndole que, en realidad, él, Newton, era capaz de ver más allá había sido porque, como un enano, se encontraba sentado “en los hombros de unos gigantes”. La imagen literaria era conocida en aquellos años y hasta un lugar común. Posiblemente aludía a ciertas estatuas del Vaticano donde se representaban algunos santos en los hombros de los evangelistas. Incluso puede que muchos la usaran para ilustrar la necesidad de la estatura de los grandes, los antecesores, para poder ver más allá de ellos, montados en sus hombros. Pero ocurre que Hooke era un señor de muy baja estatura. Hablar de enanos en su presencia debió haber sido como mencionar la soga en la casa del ahorcado.

Cuando Newton llegó a ocupar la presidencia de la *Royal Society*, en 1706, se reveló el verdadero talante y los auténticos sentimientos del gran descubridor. Poseído por una fría determinación, bajó el retrato de Hooke de la galería donde se exhibían los semblantes pintados de los anteriores presidentes de la ilustre asociación de científicos británicos. Así mismo, ordenó eliminar todos los libros de Hooke de la biblioteca de la institución, especialmente el texto de la *Micrographia*, obra de Hooke donde aparecían ciertas anticipaciones de las investigaciones newtonianas sobre la luz.

Lo que tal vez se les había escapado a los testigos de estas reacciones exageradas e injustificadas del gran genio, fue una circunstancia ocurrida unos años antes. Hacia 1672, Newton era un joven estudiante de la Universidad de Cambridge, obligado a proseguir sus estudios en su casa, pues habían cerrado su casa de estudios provisionalmente por un brote de la peste. Durante esa estancia hogareña, el joven desarrolló un nuevo tipo de telescopio a partir de la utilización de espejos, innovación importante relacionada con experimentos ópticos muy interesantes, aunque a veces muy arriesgados, como fue meterse un alfiler en el ojo para ver qué pasaba. Otra experiencia cumbre de esta etapa juvenil fue crucial para demostrar que el arco iris que forman los prismas, se debía a la descomposición de la luz blanca, gracias a un fenómeno que llamó difracción, y no al cristal triangular, como se creía entonces por la explicación del venerado Bacon. La *Royal Society*, especialmente su presidente de entonces Roberto Hooke, por un lado acogió con entusiasmo el novedoso telescopio, pero seguidamente, rechazó secamente las nuevas teorías que el mozalbete había desarrollado en el campo de la óptica, en contra de la autoridad de Bacon. ¿La persecución de Hooke por parte del Newton ya consagrado como presidente de la Royal Society

fue en realidad una fría venganza?

La cuestión es atar cabos y relacionar otras circunstancias. El mismo temperamento frío y desconsiderado se manifestó cuando el gran filósofo, pensador y respetado matemático alemán Gottfried Leibniz, publicó en 1684 un texto explicando su novedoso método de cálculo infinitesimal, con el cual podía calcular la velocidad de un cuerpo en cada fracción de tiempo transcurrido, y luego integrar las cuentas del desplazamiento por un tiempo determinado. Se trataba de uno de los problemas matemáticos más complicados: la forma en la que las ecuaciones pueden describir el mundo físico. Newton acusó directamente de plagio a Leibniz. Este, tal vez un poco cándidamente, envió a la Royal Society unos veinte años después de haber publicado su obra, una documentación que incluía viejas cartas a Newton, con lo cual pretendía reivindicar la invención de un nuevo tipo de operaciones matemáticas, que luego se conocerían como “cálculo infinitesimal”. Rápidamente, el entonces presidente de la asociación británica, en el cargo desde 1703, Newton por supuesto, designó una comisión integrada por varios de sus adláteres, que dictaminó con gran diligencia que no, que quien había hecho esos avances en la novedad matemática, había sido el propio Isaac Newton.

Hoy en día, todavía existen las disputas para saber quién fue el primero que hizo tal o cual descubrimiento, o formuló por primera vez este o aquel principio, axioma o teoría y concepto. Estas discusiones incluyen la decisión acerca del *nombre* de la novedad científica. Para resolver estos diferendos, en un tiempo como este en que el conocimiento ya es considerado como la primera fuerza productiva en la economía, y se ha desarrollado abundante reglamentación en el campo de los derechos de autor, es útil el entramado de publicaciones científicas, accesible en inmensos bancos de datos y bibliotecas virtuales que indizan las revistas y los textos que se producen en todo el mundo. Ya en el siglo XVII existían varias revistas de circulación nacional y continental, aparte de la edición de libros respaldados por instituciones académicas y universidades, pero los centros principales que servían de escenario a estos debates eran las asociaciones de científicos, como la pionera *Royal Society*.

Más allá de la disputa por la primacía entre los científicos, estas anécdotas lo que indican es que la ciencia, como cualquier otra institución social, tiene una herencia cuyo valor es ambivalente. De un lado, brinda una plataforma para el

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

avance. Efectivamente, el cúmulo de los saberes archivados brinda una plataforma cuya altura sirve para mirar más allá, como ilustra claramente la metáfora del enano en los hombros del gigante. Pero, por el otro lado, la ciencia en su historia es una larga sucesión de rupturas y superaciones. Parafraseando a Marx, digamos que los científicos hacen la ciencia, pero la hacen a partir de las condiciones que su historia ya ha establecido. Por eso, el peso de las generaciones pasadas opriime el cráneo de las nuevas como una carga abrumadora.

Ya hoy en día ha quedado atrás la imagen idílica de las afluentes que convergen y alimentan la gran corriente del río del saber, por cuanto ya se ha afirmado la noción de que la ciencia, no sólo avanza acumulativamente, sino que más bien tiene desarrollos discontinuos, por saltos, revoluciones, desplazamientos bruscos, rupturas y conflictos entre ideas, conceptos y teorías.

Es por ello que todo investigador debe cuidarse, por método, de revisar lo que se denomina el Estado del Arte y el Estado de la Cuestión de la cuestión. El primero se refiere a las grandes concepciones, los sistemas teóricos, las metodologías al uso, en otras palabras, las herencias que constituyen una tradición que ya tiene siglos. El segundo, el investigador tiene que estar consciente de que no es fácil que el problema específico del que se va a ocupar no haya sido ya abordado por algún antecesor en la cuestión. Sí sean insignificantes los aportes anteriores, toda nueva exploración siempre tiene algún precedente. Incluso si se da lo que el gran escritor argentino Jorge Luis Borges, señalaba a propósito de Kafka y otros grandes innovadores en el campo de la literatura: es con la obra presente que se echa una nueva luz al pasado; cada autor, cada innovación, crea sus antecesores, en el sentido de que ahora pueden ser leídos desde la nueva óptica que ha posibilitado el invento posterior. Una especie de efecto retroactivo en la consideración de las tradiciones.

Otro aspecto interesante a propósito de estas anécdotas de la vida del gran genio, Isaac Newton, es el de las “hipótesis temáticas”. Holton se refiere a ellas como aquellos supuestos, imágenes, preconcepciones, que aparecen en los textos científicos, más allá de la evidencia empírica y el razonamiento lógico o matemático. Al parecer, y esto es lo que rastrea el historiador de la ciencia, a un plano de contingencia construido por los contenidos empíricos y lógicos, se le yuxtapone un plano temático, en el cual figuran estas imágenes o arquetipos cuyo origen puede ser cultural o psicológico.

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

Holton descubre el efecto de esas hipótesis temáticas en la decisión de Newton de eliminar en las sucesivas ediciones, un principio metodológico que solo figuró en la primera edición de *Principia Matematica*. Efectivamente, al inicio del libro I de su magna obra, Newton expone las reglas del razonamiento en la filosofía natural, es decir, en la ciencia de la física. Estas son cuatro, cuando originalmente eran cinco: primero, la regla de la simplicidad, la Naturaleza es esencialmente sencilla y no debemos introducir más hipótesis que las estrictamente necesarias y suficientes para explicar los hechos observados; segundo, el principio de la uniformidad: deben asignarse efectos similares a la misma causa; tercero, las propiedades comunes a todos los cuerpos que se hallan al alcance de nuestros experimentos deben suponerse a todos los cuerpos, en general, del Universo; cuarto: las proposiciones obtenidas por inducción general deben considerarse como exactas o aproximadamente ciertas, hasta que los mismos fenómenos o experimentos nos muestren que se deben corregir o den cabida a excepciones.

Pero en la primera edición de *Principia Matematica*, como ya dijimos, había una quinta regla ¿Por qué Newton la eliminó? ¿Acaso rezaba algo que entraba en contradicción con las anteriores? ¿O no era conveniente por alguna otra razón? ¿Qué decía ese quinto principio metodológico? “Lo que no se deriva de las cosas mismas, sea por los sentidos externos o por cogitación interna, debe ser tomado por hipótesis. Y lo que no puede ser demostrado por los fenómenos ni se sigue de ellos por argumentos basados en la inducción, lo considero como hipótesis” (ver Holton, Ob. Cit.: 17).

Una aclaración para la correcta interpretación de este texto. Newton usa la palabra “hipótesis” en un sentido peyorativo. No se refiere a lo que hoy, desde el punto de vista lógico, se entiende por tal, sino más bien una especie de suposición gratuita, una especulación o presentimiento meramente intuitivo, un “pálpito”. Por eso escribió en latín “non fingo hipótesis”, traducido a veces como “no finjo hipótesis”. En la primera frase de su obra sobre óptica, el propio Newton indica que “mi designio en este libro no es explicar las propiedades de la luz por hipótesis, sino proponerlas y demostrarlas por razón y experimentos” (citado por Holton, Ob. Cit.). Es decir, que “hipótesis” para él es algo que no tiene que ver, ni con la razón lógica o matemática, ni con demostraciones empíricas.

Ahora, tal quinta regla pareciera en una primera lectura que no está reñida

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

con las anteriores de *Principia Mathematica*. Pero aquí el punto es otro, diferente a la consistencia lógica de la obra. En este punto, es donde se identifica el “síntoma” de un escrúpulo cuya evidencia se halla en otro lado: el de las creencias esotéricas y teológicas de Newton.

Efectivamente, la inmensa significación *contemporánea* de la obra científica de Newton, tiene un curioso efecto retroactivo: oculta que el genio escribió más del doble de textos dedicados a la teología, la alquimia y demás temas esotéricos, que a asuntos como la Ley de la Gravedad o el espectro de la luz blanca. Por otra parte, Newton creía en la necesidad de un dios gobernante para su cosmología. No pensaba, como muchos de sus contemporáneos, que la divinidad se había retirado a su lecho de descanso, por decirlo así, luego de haber creado el Universo. Por el contrario, Sir Isaac creía firmemente en que la mano de Dios era palpable claramente hechos cosmológicos observables. Por ejemplo, el medio en el cual los astros del sistema solar se mueven, tiene que ocasionar necesariamente ciertos desequilibrios en las órbitas. El hecho de que estas desviaciones no eran observables, sólo podía indicar, para Newton, que Dios mismo cuidaba y corregía tales desequilibrios. El gran científico inglés no podía saber lo que sólo a finales del siglo XIX fue aceptado por la comunidad de los físicos: que tal “medio cósmico” (llamado “éter”) donde los astros se hallaban sumergidos, *no existía*.

Ahora bien, el fervor religioso de Newton no nos debe apartar la mirada de otra situación un tanto extraña. A pesar de que cursó estudios en una institución en cuyo nombre figuraba la Santísima Trinidad, el autor de los *Principia* no creía en tal dogma de la fe cristiana instaurado desde el Concilio de Nicea en el siglo IV. Por el contrario, Sir Isaac siempre mantuvo un prudente silencio acerca de su adhesión a una antiquísima herejía, el arrianismo, que postulaba que Cristo había sido creado, junto con el conjunto del Universo, por el Dios Padre, es decir, no era coeterno. La fundamentación teológica de tal dogma de la creación de Jesús por un Dios Padre, diferente, en consecuencia, de su Hijo quien, de paso, guardaba cierta afinidad con el universo, creado como él, se basa en la interpretación de algunos pasajes de la Biblia y su Nuevo Testamento.

No nos interesa la disputa teológica; no entraremos en ella. Más bien nos llama la curiosidad hacer hipótesis acerca de la significación psicológica y biográfica de esta creencia arriana, no sólo en ese hecho sintomático de eliminar

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

Newton la quinta regla del razonamiento científico de su obra más reconocida por la posteridad; sino también en la tensión psicológica que implica mantener tal herejía y también, por qué no, arriesgar algunas interpretaciones del comportamiento arrogante del gran científico inglés.

Porque, al considerar esas creencias religiosas de Newton, se nos aclara que él, en realidad, *siempre* trabajó con una “hipótesis temática”, una suposición no surgida ni de la observación ni del razonamiento matemático: la intervención directa de un Dios creador y gobernante, superior incluso a su otra creación, el propio Jesucristo. Ese Dios era la causa de la gravedad universal y de todos los otros principios de su ciencia, la cual únicamente explicaba *cómo* funciona y no puede dar la razón definitiva del *por qué*, por cuanto ella pertenece únicamente al Creador. Como señala Holton, las hipótesis temáticas son confesiones de impotencia, de no poder dar ya cuenta de los hechos, de no poder entender nada a partir de los fenómenos ni del razonamiento puro, lo cual nos lleva a aceptar interpolaciones, especulaciones, que no pueden ser demostrada de ninguna manera, mucho menos a partir de inducciones.

Esto está muy bien, se nos dirá, pero ¿por qué recurrir a esa antigua herejía arriana, si la creencia en un Dios creador y gobernante puede ser compatible con una fe cristiana más convencional que le ahorraría, además, la mala conciencia de estar simulando creer obligatoriamente en cosas que no cree en su vida pública? Aquí especulamos nosotros también y, típicos hijos de una época que descubrió el inconsciente, podemos arriesgar la hipótesis de que tal arrianismo tiene que ver con los traumas infantiles de Newton.

Newton tenía sólo tres años, cuando tuvieron lugar dos acontecimientos fundamentales en su vida personal. Muere el padre y, al poco tiempo, se ve separado de su madre, arrojado a la casa de unos abuelos rígidos y poco afectuosos, en virtud de las segundas nupcias de su madre con un hombre que siempre expresó su inquina con el pequeño, por lo que para él toda aquella lamentable circunstancia equivalió emocionalmente al abandono de la persona más importante de su vida. No es descabellado asumir que ese gran impacto emocional dejó huella en el joven Isaac, manifestado por una reserva hostil hacia todo lo establecido, el orden efectivo y siempre presente del Padre, con el cual, de todos modos, se guarda una relación de subordinación ambivalente, entre resentida y tierna por el abandono parental (imaginario, por la muerte del padre real; verdadero, por la

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

distancia que asumió la madre con su segundo matrimonio). Como no se puede romper definitivamente con el Padre creador, Jesús, una mera criatura como el resto del Universo, se le mantiene subordinado.

Se podría aceptar, por otro lado, que aquel cambio sustancial en la vida de Isaac implicó también un giro, de una vida difícil y ruda de labriego, a la de un estudiante adelantado de escuelas muy disciplinadas. El punto es que Newton, desde niño, le dio por revisar por su cuenta las cosas, a leer libros extraños y hasta inventar multitud de artificios, desde molinos de viento, relojes solares, hasta espejos y cristales de aumento. Por otra parte, la conducta del niño no fue para nada pacífica y ejemplar. Era abusivo con sus compañeros, a quienes ridiculizaba permanentemente, haciendo valer su excepcional inteligencia y aplicación en los estudios; pero también sus puños y sofisticación en la concepción de nuevas y más crueles burlas. Digamos que desde su infancia, sir Isaac se sintió extraordinario, superior a los demás, escogido (o “creado” como el Jesús arriano) para una misión especial y trascendente.

Más de un siglo después de la publicación de los *Principia*, el gran filósofo alemán Immanuel Kant, se propuso brindar una explicación filosófica a la física newtoniana, estableciendo, precisamente, que los asuntos metafísicos, tales como la existencia de Dios o la creación o eternidad del Universo, escapan de la “jurisdicción”, tanto de la razón pura como de la experiencia humana de la ciencia moderna. Esto se debía a que el entendimiento humano sólo puede acceder a los fenómenos, que eran la síntesis de los esquemas de categorías que tenían los sujetos, en tanto conocedores (el famoso “Sujeto Trascendental”), y las percepciones debidas a la experiencia del Hombre con el mundo real. De esta manera, Newton había conseguido acceder a las leyes fundamentales del movimiento en el Universo, por cuanto había dejado a un lado los grandes temas de la metafísica tradicional, y se había concentrado en desarrollar “juicios sintéticos a priori”, o sea, razonamientos lógicos puros que daban cuenta de la universalidad, sin necesidad de recurrir a un número infinito de experiencias directas, como exigiría una postura inductiva rígida (recordar que la inducción es básicamente, una generalización a partir de experiencias particulares).

Tuvo que transcurrir más de un siglo y medio, para que el filósofo de la ciencia, Karl Popper, otro inglés, se basara en Kant (nueva versión del enano mirando más lejos, porque se halla sentado en los hombros de un gigante), para

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

superar el inductivismo aristotélico y baconiano, que sólo aceptaba inducciones, generalizaciones a partir de experiencias particulares, y proponer un nuevo ideal de método científico: el falsacionismo, que proponía, como tarea permanente de la ciencia, deducir de las teorías generales algunas asunciones, hipótesis cuya contrastación en los experimentos, si bien no serviría para verificar las formulaciones universales, sí contribuirían a refutarlas y corregirlas, en un trabajo indefinidamente repetido de formulación de hipótesis y confrontaciones con experimentos.

Aproximadamente una década después de Popper, Edgar Morin y un grupo de científicos y pensadores cuestionarían el principio de la simplicidad y la homogeneidad del universo, colocado en el frontispicio de los *Principia*, mediante las nuevas consideraciones del llamado pensamiento complejo. Ya, unas pocas décadas antes, con el desarrollo de las geometrías no euclidianas y el descubrimiento de que las matemáticas no es la otra escritura divina, sino simplemente un recurso heurístico, útil para descubrir nuevas cosas, lo que Newton suponía como los componentes del “Sensorio de Dios”, es decir, el Espacio y el Tiempo, categorías fijas, inmutables, homogéneas, fueron completamente repensadas gracias a la Teoría de la Relatividad, luego de haber sido humilladas por Kant al ser concebidas, no como atributos divinos, sino como simples categorías sensibles (“estéticas”) del “Sujeto Trascendental”.

Pero la física contemporánea, la de la relatividad y la cuántica, no es ingrata con Newton, como él lo fue con sus antecesores y compañeros en los descubrimientos. Hoy se día se reconoce la validez de la física mecánica clásica en las realidades “meso”, asumiendo que ya no funcionan tanto así en las proporciones “macro”, infinitamente grandes, de los astros y el universo entero, asunto de la relatividad; ni en lo infinitamente pequeño de las realidades del mundo subatómico, cuestión a estudiar por la física cuántica. La física contemporánea, así, se asume como un enano sentado en los hombros de gigantes y afirma que hay varias realidades y varias físicas.

Al final, ese niño que se asombra por la belleza de las conchitas de la playa, sigue de espaldas a la inmensidad del océano, cuyos secretos apenas entrevé.



A portrait painting of Francis Bacon, an English philosopher, statesman, and author. He is shown from the chest up, wearing a dark beret and a white ruffled collar. His gaze is directed slightly to the right.

## CAPÍTULO III

# FRANCIS BACON: EL SABER ES PODER



[www.mawil.us](http://www.mawil.us)



## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

En Bacon tenemos un representante adelantado del talante de la Modernidad que contribuyó a definir con sus ideas y su estilo. Hastiado de las tradiciones filosóficas de su tiempo, encadenadas a una autoridad antigua, Aristóteles, le encantaban las manipulaciones, las presiones, las conspiraciones y las acciones sorpresivas propias de la política, al tiempo que buscaba llegar a conocer y controlar la Naturaleza con una mayor seguridad que la del poder sobre los hombres, tan pérvidos y mentirosos como él mismo. Es decir, una combinación de virtud y fortuna, como diría un italiano, ya muerto cuando él nació, Nicolás Maquiavelo. Propuso una metodología que debiera echar por tierra todos los ídolos de su tiempo. Tal vez no fue lo suficientemente cauteloso como para evitar morir aplastado por alguno de ellos que le cayera encima.

Francis Bacon nació en Londres en 1561. Su padre, Nicholas Bacon, abogado de profesión y funcionario estaba relacionado con la corte de Enrique VIII y de Isabel I. Durante el mandato de la reina llegó a ser lord canciller; autoridad máxima después de la soberana. Su madre fue una mujer muy instruida, dominaba el latín, el griego y sabía de teología.

La estancia de Francis Bacon en el Trinity College de Cambridge, entre 1573 y 1575, despertaría su hastío hacia la filosofía aristotélica que, según él, se sustentaba en discusiones inútiles e inoficiosas sin capacidad de producir ningún beneficio para los hombres. En 1577, con apenas dieciséis años, gracias a la influencia paterna, comenzó a trabajar en la embajada inglesa en Francia, sin embargo, la muerte de su padre en 1579 lo obligaría a regresar a Inglaterra. A disgusto, Bacon reanuda sus estudios de derecho. En 1580 ingresa a Gray's Inn donde nueve años más tarde ejercerá también de profesor de jurisprudencia. Por este período arranca su etapa filosófica con la escritura de *Temporis partus maximus (El mayor parto del tiempo)*.

Paralelamente, continuará tratando de abrirse un espacio en la política, deseoso de conseguir, además de cierta seguridad económica, tiempo para dedicarse a la filosofía. Para ello, Bacon aplicará a la vida social y política la misma máxima filosófica que sostenía para la naturaleza; conocer para dominar, el saber es poder. Entre tanto sigue con su trabajo literario y filosófico.

En 1597 publica la obra que lo catapultaría como moralista y estilista de la lengua; sus *Essays or Counsels civil and moral*. En esta época redactaría

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

también un tratado jurídico *The Elements of the Common Law*. Después de la llegada al trono de Jacobo I, Bacon es designado abogado del rey (1604), más tarde a los cuarenta y siete años, debido a sus acertadas gestiones, fue nombrado *solicitor general* (1607) y, después en 1613 *attorney general*. Entre 1603 y 1612 publica *Valerius Terminus*, *The Advancement of Learning*, *De Dignitate et Augmentis scientiarum libri novem*, *Novum Organum*, *Filum Labyrinthi*, *Temporis partus masculus*, *Redargutio philosophia*, *De Sapientia veterum*.

Como *attorney general*, Bacon participó en algunos procesos importantes, entre ellos se destaca la disputa por la tesis de la supremacía del poder papal por sobre el poder real, que el doctor *eximius* (teólogo, filósofo y jurista) español Francisco Suárez vertiera en su obra *Defensio fidei contra catholicae anglicanae sectae errores*, en contra del juramento de fidelidad que Jacobo I de Inglaterra, rey anglicano, exigiera a sus súbditos. En 1617, Jacobo I nombra a Bacon *lord keeper* y en 1618 es ascendido a canciller. Ese mismo año es incluido entre los pares británicos y obtiene el título de barón de Verulam y, posteriormente, en 1621 recibe el título de vizconde de Saint Albans.

Su alternativa a la lógica aristotélica (*Organum*) aparecería en 1620 con la publicación del *Novum Organum*. Esta obra es aclamada por el mundo científico de entonces. Sin embargo, la culminación de la carrera política de Bacon no fue tan exitosa como él esperaba; poco más de tres años después de ser designado canciller, sus opositores lo acusan de prevaricación en su desempeño como *attorney* y, en juicio, fue declarado culpable en 1621. El veredicto incluía la incapacitación para ejercer cargos públicos. En la etapa final de su vida escribió la *Vida de Enrique VII*, *Historias naturales* y *La Nueva Atlántida*, una utopía muy personal, pero expresiva de su época, entre otras obras. Falleció en 1626 afectado por una bronquitis luego de experimentar la conservación de los cuerpos en el frío bajo la nieve de Londres.

El siglo XVI está considerado como una etapa transitoria entre la Edad Media y la Edad Moderna. Fue un siglo caracterizado por la exploración, la colonización y la conquista de nuevos territorios, entre ellos los de América. También fue un período de grandes discusiones y cuestionamientos religiosos, pues la reforma protestante iniciada por Martín Lutero produciría un cisma en la iglesia católica que cuestionaría tanto la autoridad de esta como la del papado. De acuerdo con Rossi (1990):

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

La potencia política y comercial y el carácter y grandeza de la Inglaterra moderna se formaron en aquellos años, de modo que cualquiera que se acerque a la época de Isabel y de Marlowe, de Shakespeare y Bacon, recibirá una impresión de fuerza y exuberante vitalidad al tiempo que la sensación de que en aquella compleja mezcla de ideas, nuevos poderes e insistentes referencias a la tradición se pronunciaron palabras decisivas para la cultura y la vida europea. (p. 23).

A través de casi todo el siglo dieciséis continuaron las confrontaciones entre astrónomos y teólogos, que apuntaron hacia la investigación científica como la vía para obtener el conocimiento. Según Harré (2005), “en el siglo XVI competían al menos cinco modelos geométricos del cosmos, las teorías geocéntricas de Ptolomeo, Aristóteles y Tycho Brahe, y las teorías heliocéntricas de Copérnico y Kepler, cada una de las cuales permitía recubrir a base de cálculos los movimientos observados de los cuerpos celestes” (p. 212).

Por otra parte y, como se sabe, los teólogos sostenían la premisa de la existencia de Dios y de un reino objetivo y complejo al margen de los seres humanos e inicialmente la ciencia compartía estos supuestos con la teología. Fue en ese agitado contexto donde nació Francis Bacon. Sin lugar a dudas, fue influido por esos acontecimientos que exigían ir más allá de una actitud y de un saber contemplativo para producir un conocimiento con utilidad, adecuado a los fines que en ese momento se planteaba la Europa colonizadora. Las verdades sostenidas durante la Edad Media para explicar la realidad son cuestionadas a favor de una explicación más científica, es decir más apegada a la observación y a la experimentación con la naturaleza.

En este sentido, Bacon es reconocido históricamente como uno de los precursores de la ciencia moderna. Este mérito es debido a la posición central que ocupa la experiencia y la experimentación en su filosofía, por encima de la especulación abstracta. En la onda naturalista del momento, Bacon sostiene que el saber surge de las entrañas de la naturaleza y no del puro intelecto. Solo la unión entre la experiencia y el intelecto puede conducir al progreso científico. Bacon propone la sistematización en el estudio de los fenómenos en su *Novum Organum* o nuevo método de experimentación.

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

El *Novum Organum* (Nuevo Instrumento), junto con *De Augmentis Scientiarum* e *Historia Naturalis et Experimentalis ad Condendam Philosophiam*, fue pensada como parte de una obra única denominada *Instauratio Magna*. Aunque esta no pudo ser completada, sus trabajos dan indicios suficientes de la genialidad de Bacon, quien antepuso la filosofía positiva a la escolástica y de esa manera inauguró la renovación de los conocimientos humanos. Publicado en 1620 es una obra filosófica científica, redactada en forma de aforismos, que introduce la importancia de la inducción en el terreno de la investigación. Es considerada la obra fundamental de Bacon y estaba destinada a desplazar la influencia del *Órganon* (Instrumento) de Aristóteles. Recordemos que, en su obra, Aristóteles había expuesto la lógica o el proceso para analizar los argumentos y establecer su validez a través de las reglas formales del silogismo. Así entonces, en el *Novum Organum*, Bacon presenta su novedoso método filosófico edificado en la experiencia y en la inducción.

Los fenómenos, según Bacon, requieren ser examinados de manera meticulosa y solo después y, aun con reservas, sería posible formular alguna ley de carácter universal. Esto es contrario a la práctica inductiva de la filosofía de aquel entonces, que se jactaba de la formulación de principios universales a partir de unas escasas situaciones particulares. Por otra parte, Bacon se opone a la idea de Aristóteles de que la mente es una tablilla de cera, que no hay nada escrito en ella y que refleja el mundo tal cual es. Para él, es necesario formar la mente, porque está llena de prejuicios y reproduce la naturaleza de manera deformada. Cabe destacar que, Bacon no se arroga esta colosal tarea, él solo se considera a sí mismo el emisario que porta la señal. Según Bastos:

*El método baconiano es el verdadero método científico, pero en la práctica no supo Bacon utilizarlo ventajosamente. No realizó con él descubrimiento alguno en el campo de las ciencias naturales, sus investigaciones fueron infructuosas todas, los resultados de sus experimentos sobre los fenómenos de la densidad, del peso, del sonido, de la luz, del calor, del magnetismo, no pasan de crasos errores. Es grande la distancia entre la teoría y la práctica. Con su penetrante inteligencia comprendió y definió Bacon los procedimientos científicos, pero le faltó la aptitud de los experimentalistas para aplicarlos convenientemente. Las teorías científicas de Bacon son, casi siempre, abstracciones vanas y erróneas: hasta negó algunas verdades demo-*

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

*tradas por la ciencia; si bien fue el precursor de otras que más tarde habían de obtener confirmación completa. (En Bacon; 1892: 15).*

El novedoso método experimental propuesto por Bacon estaría destinado a producir nuevos conocimientos y constituiría la gran instauración de la ciencia. Otra de las críticas de Bacon es contra la inutilidad de la filosofía, la ciencia, para él, debe aportar beneficios al hombre y a la humanidad, no se trata de un saber inoficioso sino de uno utilitario, capaz de transformar las condiciones del hombre; saber es poder, afirmará:

*Las ciencias han tratado hasta ahora de los principios de donde venían las cosas, que son principios muertos, y han estudiado la naturaleza como si fuera un cadáver. Hay que ocuparse de los principios vivos, es decir, de los movimientos internos, de las interacciones y las transformaciones a fin de hacerse con los resortes de la vida y con la fecundidad de la naturaleza. No sirve de nada saber de qué está compuesto un antídoto, sino cómo se fabrica, ni de qué están hechos el azúcar, el vidrio o los paños, sino cómo se hacen. Dar cuenta de la realidad por nociones tan generales como la fortuna, la necesidad, las simpatías y antipatías, la discordia y la amistad, el influjo de los astros, el choque fortuito de los átomos en el vacío, ¿hará más felices a los hombres o multiplicará sus recursos? Todo esto no hace más que inflar la imaginación sin contribuir un ardite a transformar los cuerpos o a perpetrar obras provechosas. Es menester maniatar a la naturaleza para que, como Proteo, acabe por revelar sus secretos y rendir frutos. (En García Estébanez; 2006: 45).*

Al citar los errores que han generado la separación entre los sentidos y la razón, Bacon critica las nociones de acatalepsia (impotencia de los sentidos) tal como la plantean los escépticos, la prolepsis o anticipación de los estoicos (la verdad es un producto exclusivo de la mente) y la idea de tomar a los sentidos como la medida de todas las cosas. De acuerdo con García Estébanez (2006):

*Como se sabe la ciencia actual trabaja con lo que se llama hipótesis de trabajo, equivalente en gran medida a la anticipación. Bacon, empeñado en su lucha contra el exceso de especulación de la filosofía de su tiempo, no supo reconocer la importancia primordial de la antici-*

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

*pación. Si se añade a esto su poca valoración de las matemáticas, a las que considera auxiliares de la física o parte de la metafísica, pues solo tratan generalidades poco profundas, se comprenderá por qué muchos autores modernos se niegan a ver en él a uno de los patrones de la ciencia nueva. (p. 46).*

Para Bacon el recorrido hacia el conocimiento arranca en los sentidos, con la colecta de datos, continúa en la memoria donde se acopian y culmina en la inteligencia donde se procesan. Esta tarea conjunta de sentidos, memoria e intelecto requiere de las herramientas y de los instrumentos necesarios, así como depurar la razón de los ídolos y prejuicios que contiene. Para Bacon no se había hecho hasta entonces, por lo tanto la filosofía tenía una idea o conocimiento tergiversado del mundo, pues está viciada de prolepsis. Al basar la imagen del mundo en la objetividad de los sentidos se le tiene por verdadera, cuando en realidad es solo un producto de la subjetividad:

*La razón científica, abandonada a sí misma y despreocupada del universo fuera de ella, ha recabado las nociones primeras referentes a las cosas mediante una abstracción apresurada y un reconocimiento del mundo más bien fácil y supino. La arbitrariedad y ligereza no ha sido menor en la elaboración de las nociones segundas o principios más generales deducidos de aquellas. No han rozado la naturaleza, con la que no se mezclan, y ya proclaman conclusiones solemnes y definitivas. Ahora bien, de una inducción hecha a la carrera solo se puede concluir en precario y sin fuerza vinculante. En consecuencia, la razón humana toda, de la que usamos para investigar la naturaleza, no está bien constituida ni edificada, sino que aparece como una mole magnífica falta de fundamento. (En García Estébanez; 2006: 39).*

La perspectiva estoica proponía la autosuficiencia de la mente en detrimento de los sentidos y la consecuencia en la práctica era el sometimiento a la naturaleza, cuyas leyes era indispensable obedecer, pues el hombre no está en condiciones de someter esas leyes ni los designios de la fortuna. Francis Bacon denominó interpretación al conjunto de medidas materiales y metodológicas, opuestas a la anticipación, que hacen posible captar con fidelidad la realidad. De acuerdo con el autor, los sentidos producen dos tipos de errores; o dejan de

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

captar información donde la hay (destitutiones) o captan información falsa (deceptiones), sin embargo, la inteligencia permite la superación de estos errores a partir del soporte metodológico propuesto por la razón. Estos soportes son la experiencia letrada y la interpretación, el nuevo método. Así entonces, la intención de Bacon es oponer al método de anticipación de la inteligencia un nuevo método denominado interpretación de la naturaleza. La puesta en práctica de este implicaría los siguientes pasos clave:

1. Encauzar la mente para que interprete a la naturaleza, que está fuera de ella, y no a sí misma. Las proposiciones doctrinales no pueden exceder la información contenida en los hechos. Se debe llegar a la verdad a través del ascenso continuo que va desde los axiomas menores, los axiomas intermedios hasta llegar a los generalísimos. Para Bacon los axiomas menores o inferiores apenas se distinguen de la propia experiencia, mientras que los axiomas intermedios son aquellos verdaderos, sólidos y vivos de los que dependen las tramas humanas y, los generalísimos o supremos equivalen a nociones y abstracciones
2. Realizar observaciones y experimentar el mundo y la naturaleza de manera exhaustiva. Los datos deben ser abundantes y profundos. El estudio de la naturaleza amerita de paciencia y perseverancia para evitar la anticipación y formular teorías a partir de observaciones familiares y comunes. Además debe ser metódico y sistemático; multiplicar las preguntas y los experimentos tanto como sean necesarios. Para Bacon, hay dos tipos de experimentos los lucíferos y los fructíferos. “Los primeros iluminan amplias zonas de la realidad y crean una plataforma desde la que todos los científicos pueden proseguir sus exploraciones con frutos. Los segundos se centran en un área reducida y con ellos el investigador solo pretende alcanzar un beneficio inmediato o fama, o demostrar una doctrina preconcebida” (Bacon; 2016: 115).
3. Evitar la soberbia en el acercamiento a la naturaleza. Esto implica estudiarla con integridad, porque es una tarea no solo científica, sino también moral y religiosa.

Esta última recomendación resulta paradójica, dada la severa actitud de Bacon frente a los filósofos predecesores y su actuación jactanciosa a lo largo de su carrera política. Como lo indica Bastos, “la frialdad que de ordinario acompaña a la admiración tributada a lord Bacon, se explica por la ductilidad de su

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

carácter, por la falta de superioridad moral que completase e hiciese resaltar su incontestada superioridad intelectual. En la apreciación de la posteridad los dotes morales llevan ventajas muchas veces a los atributos de la inteligencia". (En Bacon; 1892: 10). Esta apreciación se debe al carácter ambicioso de Bacon y a su actitud lisonjera y servil para con algunos funcionarios o, incluso, hacia Isabel I y Jacobo I a fin de obtener cargos, favores o algún ascenso en la corte. Tampoco dudó en enfrentar a sus amigos en juicio para complacer a los soberanos. Por otra parte, a Bacon se le cuestiona la generalización alegre de sus resultados experimentales, sus hipótesis acerca de las propiedades o forma simple más real de las cosas, sus descripciones de las estructuras imperceptibles de las cosas como si las viera con sus propios ojos. Con esto, pasa por alto dos de los más grandes problemas filosóficos, que llegarían a ser el centro del debate durante siglos. "¿Qué es lo que estamos presuponiendo cuando generalizamos a cualquier tiempo y lugar los resultados de los experimentos efectuados aquí y ahora? ¿Con qué motivos contamos para aceptar una determinada hipótesis referente a procesos no observados, allí donde no se es dado comprobar su validez mediante observación y experimentación, únicos criterios aceptables para las ciencias recién constituidas?" (Harré; 2005: 218).

Sin embargo, por encima de sus errores y de sus defectos personales, como bien lo indica Rossi (1990); "la severa imagen de la ciencia construida por lord Canciller se abrió fatigosamente un camino, como elemento de novedad, en un mundo en el que aún no habían nacido ni la figura, ni la mentalidad, ni la función social del científico, ni las categorías, los métodos, los experimentos de la ciencia moderna, ni las instituciones en las cuales y de las cuales vive la investigación" (p. 18).

Los aportes de Francis Bacon serán decisivos, junto con los de René Descartes (1596 1650), en la conformación de la filosofía positivista del siglo XIX, según la cual solo el conocimiento obtenido a través del método científico es válido. Hay quienes no dudan en afirmar que la ciencia del siglo XIV es galileana, cartesiana y baconiana y el científico inglés más influyente después de Isaac Newton (1643 1727). Bacon enfatizó la importancia de la observación y de la experimentación en la verificación de las hipótesis. "La referencia de Bacon a los experimentos y la observación paciente, su insistencia en el método como medio de ordenación y clasificación, su querer poner «no alas, sino plomo y pesas» al intelecto humano, ejercieron también una función histórica de importancia de-

cisiva para los científicos de los siglos posteriores” (Rossi, 1990: 17).

También Bacon criticó acremente el pensamiento de la antigüedad, especialmente al de Aristóteles y al de la tradición por su tendencia a emitir juicios y leyes universales no sometidas a la verificación empírica ni a la experimentación con respecto a la realidad. Con esta práctica, los filósofos tradicionales se anquilosaban en simples mecanismos abstractos, sin utilidad práctica e incapaz de mejorar las condiciones humanas. No obstante sus objeciones, Bacon aclara que su intención no es destruir la filosofía ni ninguna otra doctrina existente, pues están pueden seguir coexistiendo con la ciencia, ser enseñadas y utilizadas como ornamentos discursivos. “No combatimos en modo alguno la gloria de los autores antiguos, dejémosles todo su mérito; no comparamos ni la inteligencia ni el talento, sino los métodos; nuestra misión no es la del juez, sino la del guía” (Bacon; 2016: 10). A grandes rasgos, sus cuestionamientos a la filosofía aristotélicas se basan en que:

1. Las leyes de la lógica aristotélica constituyen una simple dialéctica en la que prevalecen las leyes del discurso por encima de los contenidos.
2. La descripción del mundo propuesta por Aristóteles está basada en una serie de categorías intelectuales con escaso o sin ningún anclaje en la realidad.
3. Las nociones relativas a la naturaleza, según Bacon, son inconsistentes y están mal definidas.
4. Los principios primeros son insustanciales, pues el orden no es determinante de nada.
5. El arte de la lógica permitiría organizar los conocimientos adquiridos, mas no ampliar los obtenidos ni conseguir nuevos.
6. Aristóteles ha ejercido una dictadura implacable sobre la teología, la metafísica y todo tipo de ciencias. La escolástica ha sido el espacio más fecundo para la incesante y fútil actividad argumentativa. El problema con la filosofía aristotélica radica en la prisa por formular principios universales, sin que estas verdades estén firmemente sostenidas en la realidad y en los hechos.

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

Asimismo, Bacon le reprocha a Platón haber pervertido el método inductivo al enfocar sus observaciones en fenómenos obvios y corrientes, además de concentrarse solo en abstracciones. Los filósofos griegos en general tampoco merecen, a ojos de Bacon, mejor opinión; solo Demócrito y Empédocles superan el riguroso tamiz del crítico, pues, a su juicio, fueron los únicos que se acercaron a las cosas para examinarlas. Según García Estébanez (2006):

*No niega Bacon que la Antigüedad haya contribuido al saber, pero se indigna viendo el respeto sagrado, idolátrico, que se le rinde, como si ya no fuera posible añadirle nada... cuando la historia y la experiencia son hoy mayores que entonces. Desde Aristóteles se han hecho muchos descubrimientos: El Nuevo Mundo, la aguja de marear, la pólvora, la imprenta. Solo estos cuatro inventos han engrosado de tal manera nuestro mundo que este ya no cabe en el exiguo globo intelectual de los antiguos. (p.42).*

Cabría decir que hay en Bacon un rechazo visceral a lo que tiene que ver con los prejuicios, creencias, dogmas y por qué no ideologías que circulan con naturalidad en la sociedad. Según él mismo indica:

*El espíritu humano, una vez que lo han reducido ciertas ideas, ya sea por su encanto, ya por el imperio de la tradición y de la fe que se les presta, se ve obligado a ceder a esas ideas poniéndose de acuerdo con ellas; y aunque las pruebas que desmienten esas ideas sean muy numerosas y concluyentes, el espíritu o las olvida, o las desprecia, o por una distinción las aparta y rechaza, no sin grave daño; pero preciso le es conservar incólume toda la autoridad de sus queridos prejuicios... Así es como procede toda superstición, astrología, interpretación de los ensueños, adivinación, presagios... Es éste un azote que penetra más sutilmente aún la filosofía y las ciencias; desde el punto en que un dogma es recibido en ellos, desnaturaliza cuanto le es contrario, sean los que fuesen la fuerza y la razón que se les opongan, y las someten a su antojo. (Bacon; 2016: 14).*

Bacon intentó construir una imagen moderna de la ciencia en una agria y continua polémica contra los seguidores de la magia, de la escolástica y de la tradición humanista. No obstante, aun con su visión científica, Bacon no logra

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

emanciparse completamente de su tiempo y de sus circunstancias históricas. Esto, posiblemente, por su tendencia a no discrepar y entrar en conflicto con la realeza y con quienes detentaban el poder. De esta manera admite a la Teología al lado de la ciencia, reconoce la existencia y la omnipresencia de Dios, aunque se cuida de no relacionar las causas primeras y finales con el estudio de los fenómenos de la naturaleza. En resumen, los grandes aportes de Bacon se centran en lo siguiente:

1. Dio a conocer el atraso de la enseñanza medieval en las universidades, la esterilidad de la escolástica. Según indica Harré (2005):

*Los filósofos medievales habían discutido largo y tendido acerca de la categoría de los métodos empíricos de descubrimiento, pero no llegaron ningún tratado amplio y sistemático sobre el particular. Bacon abordó uno de los asuntos cruciales. ¿Qué es lo que se está presuponiendo al inferir el conocimiento general a partir de experimentos y observaciones confinados al aquí y ahora? ¿Mediante qué método cabe establecer una ley de la naturaleza basada en experimentos y observaciones? ¿Cómo pasar de los hechos particulares a las leyes generales mediante razonamientos fiables? (p. 216).*

2. Creó una filosofía de la ciencia y aportó el método experimental e inductivo, que contribuiría al desarrollo de la filosofía positivista del siglo XIX con su método científico. De acuerdo con Rossi (1990):

*En la época moderna se fueron formando ciencias la anatomía y la embriología, la botánica y la fisiología, la química y la zoología, la geología y la mineralogía... El progreso que se produjo en estas ciencias aparece ligado no solo a la audacia de las hipótesis y a las anticipaciones de la experiencia, sino también a una insistencia de tipo baconiano en la observación de los experimentos, a la convicción de que la inmensa variedad y multiplicidad de las formas de la naturaleza debe ser clasificada, descrita e interpretada según los modelos que excluyan las propiedades ocultas y se fundan en modelos mecánicos. (p. 15 16).*

3. Bacon expuso a los ojos de la humanidad la importancia de la ciencia y la

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

capacidad de esta de otorgar al hombre dominio sobre la naturaleza y posibilidades de mejorar las condiciones de vida.

4. Erigió la ciencia como fundamento de la filosofía y como un poderoso instrumento de dominio del hombre sobre el mundo.

De Bacon siempre se recordará su aporte teórico y epistemológico al desarrollo de la ciencia moderna. Lo que es casi completamente olvidable son sus habilidades políticas y cortesanas. A menos que asumamos que una cosa llevó a la otra, y nuestro trato con la Naturaleza, a través de la Ciencia, se parezca a esos lances, maniobras y estrategias con que pretendemos aprovecharnos de algún inmenso y peligroso Poder.

CAPÍTULO IV



EL FLOGISTÓ, EL OXÍGENO Y EL EXTRAÑO  
CASO DEL REVOLUCIONARIO DECAPITADO  
POR LA REVOLUCIÓN



[www.mawil.us](http://www.mawil.us)



## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

Resulta por lo menos curioso que un revolucionario sea víctima de la Revolución. En realidad, ha habido muchos casos. Tantos, que un filósofo de la historia, Hegel, hablaba de que la revolución devoraba a sus propios hijos, como aquel Titán Cronos de la antigua mitología griega, quien se almorzó a toda su prole, nada menos que aquellos a quienes luego se convertirían en los dioses del Olimpo, encabezados por Zeus. En el caso del revolucionario, nos referimos a uno del pensamiento y el conocimiento, que con su trabajo minucioso fundó una nueva ciencia, la química, dejando atrás definitivamente tanto las creencias de un arte a mitad de camino del esoterismo como lo fue la alquimia, y las arriesgadas hipótesis de unos sabios que ya sentían las exigencias de una naciente industria química.

En realidad, Lavoisier no había sido hijo de esa revolución francesa, tan innovadora en tecnologías para la separación de la cabeza del cuerpo; más bien es uno de los padres de otra, la de la química, todavía entonces sin identidad, confundida con esa práctica esotérica y casi mágica de la alquimia. En cuanto a la Revolución (así, con mayúsculas) es nada menos que la Francesa, la misma de las consignas memorables de la Libertad, la Igualdad y la fraternidad, que ha servido de modelo y mito a dos siglos y pico en los que se le ha querido emular.

Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) es un personaje de la talla de los otros grandes descubridores de los que hemos venido trazando semblanzas y meditaciones. Es consenso universal hoy en día que provocó la “primera revolución de la química” que es también el parto de una nueva disciplina científica: la misma química tal y como hoy la conocemos y reconocemos. Nos apresuraríamos a aclarar que seguramente no fueron sólo los descubrimientos que hizo el personaje, ni su cuidadoso diseño de observaciones que le dio certeza a su ley de conservación de la materia, la motivación del juez revolucionario para ordenar la ejecución del científico. La razón fue de otro orden. Lavoisier era un abogado recaudador de impuestos de la Corona y, seguramente, monárquico de convicción. En fin, fueron acusaciones específicamente políticas las que lo mandaron a la guillotina, esa máquina inventada adrede para acelerar ejecuciones rápidas y pulcras, durante el proceso de “limpieza” política que sacudió a toda la naciente nación francesa a finales del siglo XVIII, y que acabó incluso con el más fiero de los perseguidores de contrarrevolucionarios, el mismo Robespierre.

Lavoisier, ya lo dijimos, era abogado. Podemos presumir que terminó perdi-

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

damente enamorado de su esposa, Marie-Anne Pierrete Paulze, puesto que ella también estaba poseída por el mismo espíritu investigador. Este vínculo feliz fue resultado de unas circunstancias un tanto complicadas. Un aristócrata, el Conde de Amerval, de más de cuarenta años le había exigido a su empleado, el padre de Marie-Anne, que le entregara en matrimonio a su niña de 14 años. El viejo, indignado y desesperado, puesto que se resistía a las exigencias del conde, le rogó a su amigo y colega, Antoine Lavoisier, de unos 28 años entonces, que se desposara con la pequeña.

Ella había sido finamente educada en un convento, puesto que su madre la había dejado huérfana desde muy tierna edad. Hablaba fluidamente los idiomas más importantes de Europa. Gracias a ello, se dedicó, en una tierna colaboración con su marido, a traducir todos los textos y tratados de química de la época que se pudieran conseguir. Las obras de Joseph Priestley y Henry Cavendish pasaron por sus manos, para ser entregadas a su marido en su trabajo de descubrimiento. Probablemente su traducción más importante para la historia de la ciencia, fue el “Ensayo sobre el flogisto” de Richard Kiwan, que, no sólo fue trasladado al francés, sino que fue agudamente criticado por la mujer, preparando así una de las revoluciones científicas más importantes de la historia. Además, ella compartió con Lavoisier los experimentos, el pesaje, la anotación diaria de las observaciones y los cuidados correspondientes del laboratorio, aparte de que dibujaba muy bien, por lo que pudo plasmar en el papel las formas de los instrumentos que usaba su marido en sus experiencias científicas. La reflexión que desarrollaron juntos los Lavoisier llegó hasta la formulación de la ley que establecía que la misma cantidad de material se conservaba antes, través y después de cualquier reacción química. Antoine y Marie formaron una pareja solidaria en la ciencia, como lo fueron Marie y Pierre Curie y Albert Einstein y Mileva Maric.

La ley de Lavoisier puede formularse de diversas maneras: la materia ni se crea ni se destruye, sólo se transforma. En una reacción química, la cantidad de materia es la misma al final y al comienzo de la reacción. Hasta Lavoisier, los científicos aceptaban la idea de que había excepciones a la conservación de la masa. A partir de Lavoisier sabemos que es imposible que aparezcan o desaparezcan átomos así como así.

Pero el gran descubrimiento que constituyó la matriz de la revolución de la

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

química, fue el del oxígeno, confirmada por sus colegas, La Scheele y Priestley, en la década de 1770. El oxígeno explicaba muchos más fenómenos que los que explicaba la teoría más aceptada en aquel momento: la doctrina del flogisto; especialmente aquellos enigmas que centraban la atención de los sabios: la combustión, la calcinación y la respiración.

Vale aclarar que no es adecuada la idea de que antes del siglo XVIII, lo que había era tan solo una acumulación de creencias provenientes de la Antigüedad, casi mágicas y supersticiosas. Desde hacía décadas, los conocimientos pretendían basarse en la observación o en la razón. Para un autor del siglo XVII, Bernard le Bovier de Fontenelle, no sólo había una investigación científica totalmente diferente de las artes de la adivinación o prácticas esotéricas como la alquimia (de la cual, por cierto, Newton mismo fue cultor; pero es que las cosas son así), sino que aquella se debatía entre dos tendencias metodológicas fundamentales. El apriorismo racionalista de Descartes, centrada en la matemática, frente al inductivismo de Newton. Genios y geómetras ambos, se diferenciaban en que, mientras el primero se remontaba intrépido directamente a la búsqueda de la fuente de todas las ideas claras y distintas, el pensamiento, para llegar a captar los primeros principios, los cuales sólo después podían “bajar” para explicar los fenómenos de la Naturaleza; el segundo, Newton (y antes, Bacon), quizás más cauto, comenzó a tomar pie en los fenómenos conocidos para “subir”, mediante la generalización, la experimentación y la abstracción, a esos principios, a los que sólo se llegaba por repetidas experiencias, pruebas donde el error llevaba a descartar explicación tras explicación, mediante ensayos sucesivos y equivocaciones a superar.

Durante todo el siglo XVIII hubo importantes avances en la ciencia experimental. Wilhelm Homberg, por ejemplo, en las primeras décadas del siglo, llegó a demostrar por vía experimental que las sales se forman de la unión de un ácido con una base. Unos cuatro lustros más tarde, Hermann Boerhaave publicó un muy completo tratado en química en su momento, mientras Stephen Hales investigó sobre los gases, considerándolos “aires teñidos” de diferentes maneras por la presencia de otros cuerpos. Pero había observaciones de procesos y reacciones químicas en las que parecía que desaparecía una fracción del material inicial. No sabían cómo explicar que ciertas reacciones dieran como resultado algo menos pesado que lo que se tenía en principio, sobre todo en aquellas donde había combustión. Inventaron, entonces, la existencia de un elemento, junto a la

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

tierra, el agua y el aire de la repartición de los cuatro elementos de la antigüedad. El flogisto, sería, entonces, el fuego.

El efecto del calor sobre la materia ha sido desde tiempos muy remotos, sujeto de observación y experimentación. Tradicionalmente se consideraba al fuego como instrumento de transformación, la expresión “*ignis mutat res*”, tenía valor de consigna. Ya desde los griegos se había difundido la idea de que las sustancias eran combustibles en virtud de la “materia de fuego” que se hallaba presente en ellas. Los alquimistas por su parte, agregaron a los cuatro elementos de Aristóteles (agua, aire, fuego y tierra) los “principios” portadores de las propiedades y constituyentes de los distintos compuestos; tales principios, que hay que distinguir de los cuerpos que llevan el mismo nombre, son: el mercurio, el azufre y la sal, y para los químicos ellos eran los portadores de las cualidades. Así, por ejemplo, el azufre (azufre-principio), es el principio de la combustibilidad.

En el siglo XVI diría Paracelso *ubi ignis et calor ibi sulfur* (todo lo que se quema es azufre) y la química del siglo XVII, que nace como ciencia independiente, está basada justamente en esa concepción. Stahl, además de ser uno de los iniciadores del vitalismo, se opone a las teorías corpusculares y mecanistas vigentes durante el siglo XVII, desarrolladas por los newtonianos, y da una nueva amplitud a esta forma de ver las cosas. Su concepto de “mezcla” (no se hace distinción entre mezcla y combinación hasta el siglo XIX), está afiliado a los conceptos aristotélicos. Los constituyentes de un compuesto, los *stoechia*, se transforman y no se conservan. Los elementos constitutivos de una mezcla, los principios, no se pueden aislar ni separar, a menos que se creara una nueva combinación.

Pero el asunto que centraba los mayores esfuerzos investigativos a mitad del siglo XVII, era la comprensión de los fenómenos de la llama y la combustión. En este punto, se juntaron en extraña articulación, ideas y representaciones cuyo origen se remontan, como ya vimos, a la Antigüedad, incluso hasta a los filósofos jónicos de la Antigua Grecia. Nos referimos a la noción de que existen unos elementos básicos, esenciales, primarios, de los cuales están compuestos todos los cuerpos existentes. El esquema de los cuatro elementos básicos, el agua, el aire, el fuego y la tierra, además de la concepción atomística de Demócrito y Epicuro, que sostiene que toda la materia está formada por unidades diminutas, indivisibles, duras, como bolitas de pingpong, tiene este origen remoto, pero se

proyectan todavía hasta la actualidad.

Por ejemplo, el sabio Becher, a mediados del 1650, hizo una variación propia de la teoría de los cuatro elementos (tierra, aire, agua y fuego) para explicar los resultados de sus experimentos. Para él, mientras que el fuego y el aire eran simples agentes de transformaciones, el papel fundamental en la composición de los materiales era la tierra y el agua. Todos los cuerpos, tanto minerales como animales y vegetales, estaban formados por agua y tierra, según Becher. Los elementos, al ser analizados, mostraron diferentes proporciones de tierra y agua, por lo que el sabio propuso una clasificación de acuerdo a esas combinaciones y los tipos de componentes. Así, los más inmediatos de los cuerpos minerales, eran tres tipos diferentes de tierras, cada una de ellas portadora de una propiedad: el aspecto vítreo, el carácter combustible y la fluidez o volatilidad. La tierra que denominó “terra pinguis” se consideraba portadora del principio de inflamabilidad. La denominación podría traducirse como “tierra grasa” o “tierra oleaginosa”, la cual en la alquimia se conoce con el nombre de azufre, aunque Becher empleó otras expresiones también como “azufre flogisto”, de donde lo tomó Stahl.

No tiene entonces nada de extraño que, a mediados del siglo XVIII, la teoría más aceptada entre los sabios de Europa, era la del flogisto, que sonaba demasiado parecida a las nociones de los elementos primordiales, esta vez, la del fuego, eco lejano de las ideas de Heráclito, para quien todo era fuego, conflicto y cambio. Pero vayamos al punto del flogisto.

La teoría del flogisto intentó explicar el fenómeno de la combustión y la causa de que algunos materiales fuesen combustibles y otros no. Durante la transición del siglo XVII al siglo XVIII, se le ocurrió al médico del rey de Prusia y alquímico alemán, George Stahl (1660-1734). Stahl recupera las ideas de su predecesor Johan Joachim Becher (1635-1682), para quien la materia está constituida por tres “tierras”. La primera “tierra” es la sustancia de base. La segunda es la tierra sulfurosa, que para los aristotélicos es el fuego en potencia, y el azufre filosófico de Paracelso; ésta se disipa completamente durante la combustión de la materia orgánica como la madera, las grasas, los aceites, etcétera. La tercera es la tierra de mercurio la cual confiere a los metales su brillo metálico y su densidad. Los metales son combinaciones diferentes, y por lo mismo no hay ninguna barrera entre ellos, lo que hace posible la transmutación, es decir, la

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

transformación de un metal en otro cambiando las proporciones de la combinación. Así, la alquimia estará marcada por una larga práctica cuya esencia era la de tratar de “curar” los metales viles (el plomo, el fierro...) para transformarlos en oro, el metal más noble.

Stahl toma distancia de estas ideas, y consecuentemente difiere de las ideas de los alquimistas, sin embargo, queda en él una cierta filiación o afinidad con la forma de concebir las cosas. Al igual que Becher, Stahl piensa que los principios no se pueden separar, “no los podemos separar más que pasándolos de una mixtura a otra”. Ambos desarrollaron sus ideas sobre los fenómenos químicos a partir de la metalurgia, que conociera un gran desarrollo en esa época.

El flogisto, del griego phlogiston (*phlos* = llama), es “lo que se va” durante la combustión. La teoría Suponía que el calor se presenta en dos formas: libre y en combinación. Este último lo denominó “flogisto” que, en griego, significa “inflamable”, y lo suponía inherente a todos los cuerpos combustibles. La simple observación demuestra que hay algo “que se va” mientras se está quemando un compuesto. El flogisto corresponde al principio-azufre, que, en este caso, tampoco es el azufre ordinario. Este principio es constituyente del azufre, es parte de él, tanto como lo es de los otros cuerpos que son combustibles. Por ello, conviene subrayar que para Stahl, y para los químicos de la época, el azufre es un cuerpo compuesto al igual que los metales, concepción que dominará hasta Lavoisier.

El flogisto es un ser real y permanente. Es indestructible. En efecto, las cales metálicas se pueden “revivir” captando el flogisto de un cuerpo combustible que contenga flogisto. La acción del carbón, que es rico en flogisto, sobre la cal, permite regresar al metal. Los metales se pueden “desquemar”, como se decía en la época. La restitución de una cualidad, la de la combustibilidad en este caso, y el hecho que se pueda intercambiar, demostraba que la cualidad estaba ligada a una identidad material. Surgieron muchas iniciativas encaminadas a aislar el flogisto, incluso por parte del mismo Stahl, en contradicción con su propia concepción teórica. Algunos asociaban el flogisto al “aire inflamable” (nuestro hidrógeno) que, si no era el flogisto puro, al menos era un cuerpo muy cercano al flogisto.

Esta teoría explicaba por qué los cuerpos se queman, y relacionaba la com-

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

bustión con la calcinación uniéndolos en un mismo fenómeno. Asimismo, explicaba la semejanza entre los distintos metales y esclarecía sus puntos en común. Los metales están constituidos por las diferentes tierras combinadas al flogisto. La transferencia del flogisto explicaba a su vez el fenómeno inverso, la reducción. Por primera vez quedan unidas la oxidación y la reducción a través de un fenómeno de transferencia. Aun si hoy en día se trata de electrones el principio sigue siendo el mismo.

El propio Lavoisier, quien más tarde refutaría la tesis del flogisto, recalcará estos dos planteamientos de Stahl, que consisten, por un lado, en relacionar la combustión con la calcinación y, por el otro, en la posibilidad de que la cualidad de inflamabilidad pueda ser transportada. Así, la acción del carbono sobre al ácido vitriólico (sulfídrico), conduce a la obtención de azufre. El carbono pierde la propiedad de quemarse y se la transmite al azufre.

Además de la obtención de los ácidos, se explica la “disolución” de los metales en los ácidos y se asocia la liberación del “gas inflamable” (hidrógeno) a la liberación del flogisto. Además de ser el principio de la combustibilidad, el flogisto se convertirá en el principio responsable de la coloración de las sustancias y de los olores. Durante la combustión de vegetales coloridos se observa, en efecto, que la pérdida del flogisto está acompañada por la pérdida de color; de igual manera que las plantas aromáticas liberan un olor mientras se queman. También se interpretará el fenómeno de la respiración con ayuda del flogisto. Stahl se había dado cuenta que el aire jugaba un papel durante la combustión. Para él jugaba un papel puramente mecánico. El aire le transmite un choque por medio de un movimiento rápido y el flogisto se libera y se disipa en estado de fuego. El aire contribuye así, a la liberación del flogisto. Una vez libre, el flogisto va perdiendo poco a poco el movimiento que lo vuelve luminoso, quedando reducido a partículas tenues, invisibles e insensibles a nuestra percepción. El calor es entonces un fuego invisible, muy dividido, que se debe al movimiento ligero de las partículas del flogisto. Cuando el flogisto queda dividido, pierde su elasticidad. De esta forma deteriora la elasticidad del aire.

Stahl hace la distinción entre un cuerpo que se quema y que pierde el flogisto, y un cuerpo incandescente debido a la rotación de sus partículas impulsadas por el flogisto contenido en las llamas. El flogisto es entonces la materia verdadera del fuego que está latente en él y es insensible, la cual podemos observar

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

cuando se produce el doble fenómeno de luz y calor que constituye el fuego cuando se separa de la mezcla (combinación) de la que forma parte bajo la influencia del aire.

Esta teoría fue de gran importancia, pues, por primera vez en la historia de la química, en ella se engloban todos los hechos conocidos para esta ciencia en un conjunto teórico. El conocido filósofo alemán Immanuel Kant dirá que es una ley tan importante como la ley de Galileo de la caída de los cuerpos. El gran químico alemán Wilhelm Ostwald (1853-1932) escribirá: “es la primera vez que se edificaba un sistema racional que ordenaba un gran número de hechos, los más importantes conocidos hasta entonces”.

Cuando se da a conocer esta teoría, despierta en los químicos, aunque no de forma inmediata, un gran interés. Los escritos de Stahl (*Zymotechnia*, 1697, y *Tratado de Sonfre*, 1697) son difíciles de descifrar pues son una curiosa mezcla de latín y de alemán. El *Tratado de Sonfre* será traducido en Francia por Senac en 1723. Guillome François Rouelle (1703- 1770), a partir de esta versión de las ideas de Stahl, lleva a cabo un curso sobre la revolución stahliana que tendrá una gran influencia y al que asistirán, entre otros, Diderot y Lavoisier, quienes ahí aprenderán química. A partir de este curso, se difundirá la química stahliana, la que en realidad se convierte en la química de las Luces. Cada químico le añadirá retoques y sus marcas personales a la teoría. Rouelle, en primer lugar, hará del flogisto un principio con dos funciones: la de ser un compuesto de las mezclas, y la de instrumento de las reacciones químicas.

El célebre químico francés Pierre Joseph Macquer (1718-1784), autor de un importante *Diccionario de química*, expone su concepción de forma sintética en un artículo para la segunda edición del Diccionario, ¡en 1778! Para él, el flogisto es la sustancia de la luz. La luz es para Macquer, convencido newtoniano, susceptible de ser compuesta (en el sentido de combinar) y recomposta. Cuando está combinada se le designa como flogisto, con el fin de distinguirla de la luz libre. Durante la combustión, mientras que se libera la luz, produce los fenómenos que le son propios, además del calor y del movimiento de las partículas del cuerpo, movimiento responsable del calor.

Como se puede ver, la teoría del flogisto concuerda con las teorías generales que dominan en la época. Concuerda con las ideas newtonianas (como las de

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

Macquer), en las que se concebía la combustión como un fenómeno durante el cual se desprende la luz de las sustancias, y se vuelven incombustibles. Queda una cuestión no explícita, la de la calcinación de los metales, que será interpretada como una adición de la materia de la luz. Los cartesianos apreciaron esa teoría porque le daba un significado químico al movimiento, mientras que para los newtonianos la confirmación de la combustibilidad del diamante es la verificación de la teoría de la emisión de la luz, de la teoría de la gravitación universal aplicada a los átomos, de la teoría newtoniana de las afinidades químicas, y de la teoría del flogisto.

Según Georg Ernst Stahl las propiedades de dicho material son:

- 1.- Cuando se une a un cuerpo, no le comunica ni calor, ni luz.
- 2.- No cambia en absoluto su estado de solidez o fluidez, de modo que un cuerpo sólido no se transforma en fluido por la adición de flogisto, y viceversa; solamente deja a los cuerpos con los que se une más dispuestos a entrar en fusión por acción del fuego ordinario.
- 3.- Podemos transportarlo de un cuerpo con el que está unido a otro cuerpo en el cual participa en su composición o permanece fijo.

El aspecto del diamante, su transparencia, hace que, en un principio, se suponga que es parecido al vidrio. Una célebre carta de Descartes a Huyghens, desarrolla este punto de vista. Buffon, cuyas convicciones newtonianas son muy fuertes, pone en duda esta visión de las cosas. Deducir por la combustibilidad del diamante, que el índice de refracción debe de ser muy alto. “Los materiales inflamables atraen más poderosamente la luz y es por eso que tienen un índice de refracción más elevado que los otros”. El diamante tiene un poder refringente muy elevado en comparación a su densidad. El razonamiento newtoniano conduce a decir que tiene tanta afinidad por la luz como la tienen los materiales inflamables. Se hace la prueba, Lavoisier mismo quema el diamante y... ¡funciona! Ya no se podía considerar al diamante como un tipo de vidrio.

El éxito de la teoría del flogisto es inmediato. Pero por más satisfactoria que pueda aparecer esta teoría, no tardaron en surgir las dificultades. Ya se vio que la naturaleza misma del flogisto conducía a diferentes interpretaciones. La nece-

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

sidad de la presencia del aire para asegurar la combustión quedaba sin resolver. El gran químico inglés, Robert Boyle (1627-1691), había demostrado en 1672, que no se podía realizar la combustión en el vacío. El papel exclusivamente mecánico que los stahlianos le atribuían al aire, representaba un problema. ¿Todos los tipos de aire jugaban el mismo papel?

La principal dificultad consistía en que los metales aumentan de peso después de la combustión o de la calcinación. ¿Cómo reconciliar el aumento de peso con la liberación de algo durante la combustión? Veremos que esta dificultad conducirá a Lavoisier a dudar de la teoría y a rechazarla, pues veía en ese aspecto una dificultad capital.

Resumiendo, los inconvenientes de la teoría del flogisto eran los siguientes:

1. Los metales y otros combustibles ganaban peso al ser quemados en presencia del aire.
2. Pretendía explicar la acidez y alcalinidad, los colores y olores de las plantas, y la reactividad y composición química.
3. El error principal de esta teoría era el de confundir la combustibilidad, es decir, una propiedad, con una sustancia material.
4. La imposibilidad de aislar el flogisto

Los discípulos de Stahl no se dejaron preocupar por esa cuestión ya que en esa época la masa no era una característica esencial de la materia. Recordemos que en el pensamiento cartesiano ampliamente difundido en ese momento, la materia estaba definida por su amplitud. Los cambios de forma y aspecto llamaban más la atención que el cambio de peso. El estudio cuantitativo sistemático de las reacciones químicas no tendrá significado hasta que aparecen los trabajos de Lavoisier. Y sin embargo, el aumento de peso se conocía desde hacía mucho tiempo. Ya en el siglo VIII los alquimistas árabes hablaban de ello.

En 1630 Jean Rey (1583-1645), médico en Perigord, en el suroeste de Francia, publicó el *Ensayo sobre la investigación de la causa por la cual el estaño y el Plomo aumentan de peso cuando se les calienta*. En él atribuye el aumento de

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

peso a la absorción del aire lo que contribuye a una explicación mecanicista, pero que, sin embargo, marcaba ya la causa del fenómeno. A partir de entonces se darán diversas explicaciones al aumento del peso.

Para Boyle, como para Nicolás Lemery (1645-1715), cuyas enseñanzas serán famosas en el siglo XVII, son las partículas del fuego las que, al atravesar el recipiente penetrando por los poros, causan el aumento del peso.

El alemán Friedrich Meyer (1705- 1765) supondrá que existe en el fuego un tipo de principio *acidum pingue*, cuya unión con el metal es responsable del aumento de peso. Guillaume Francois Venel, redactor del artículo *Chimie* en la gran *Encyclopedia* de Diderot y D'Alambert, atribuye al flogisto ¡un peso negativo! “El flogisto no pesa hacia el centro de la tierra, sino tiende a elevarse, de ahí el aumento del peso de las cales metálicas”.

Guyton de Morveau, colaborador de Lavoisier, formulará al principio una explicación del mismo tipo: “El flogisto es más ligero que el aire”, lo demuestra manifiestamente la confusión que existía entre la densidad y el peso. Estas opiniones que Lavoisier pondrá en duda, ilustran las tentativas de reajustar los resultados a las observaciones para hacerlos concordar con la teoría.

Los primeros golpes serios contra la teoría del flogisto se formulan en 1772. Lavoisier deposita en la Academia de Ciencias dos manuscritos sellados, que no se abrirán sino hasta 1773. En ellos relata sus experimentos sobre la combustión del azufre y del fósforo y demuestra que el aumento del peso de la materia sólida, se debe al hecho de que una cantidad de aire ha sido fijada por el sólido. Los pesos sistemáticos que realizó le permitieron postular de manera consistente esta afirmación y demostrar que el aumento del peso observado después de la calcinación de los metales se debe a la misma causa.

La reducción de la litargia (óxido de plomo, PbO) en un recipiente cerrado, que permite el pasaje de la cal metálica al metal, está acompañada por una liberación considerable de aire. La naturaleza de ese aire era desconocida y Lavoisier la llamaba “parte del aire que se fija”.

Muchos historiadores de la química fijan a partir de ese año, 1772, el principio de la revolución química (el término será empleado por el mismo Lavoisier

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

en 1773). En 1774 el farmacéutico francés, Pierre Bayen, obtiene mercurio metálico calentando el óxido rojo de mercurio ( $HgO$ ) solo, demostrando así que es posible transformar una cal metálica en metal sin la adición del flogisto, ya que no había sido necesario hacerlo reaccionar con un cuerpo rico en flogisto, como el carbón. Esto conducirá a Bayen a guardar sus reservas sobre las concepciones de los partidarios del flogisto. Reeditará además, el texto de Jean Rey, citado anteriormente, en el cual Rey enuncia el principio de conservación de la materia, “el peso que cada trozo de materia toma en la cuna, lo llevará hasta el ataúd”. Lavoisier, quien ignora el texto, al descubrirlo dudará de su autenticidad. Hay que señalar que Lavoisier nunca revindicó la paternidad del principio de la conservación de la materia. Más tarde hará un comentario sobre el texto de Rey: “no podía ver su opinión a este respecto, más que como una vaga asertación que hace honor al genio del autor, pero que no dispensaba a los químicos del deber de constatar, por medio de los experimentos, la verdad de esa opinión”. Es ahí donde reside la diferencia fundamental. La metodología experimental, sistematizada por Lavoisier, lo cambiará todo.

En 1774, Lavoisier reúne en una obra titulada *Opúsculos químicos y físicos*, sus experimentos sobre la calcinación del plomo y de su estado en un recipiente cerrado. A base de medir sistemáticamente los pesos, con una precisión desconocida en la época (Lavoisier contaba con unas balanzas que había mandado fabricar especialmente con Fortin), quien fuera el recaudador de impuestos del Rey, demuestra que el aumento en el peso del metal calcinado es igual al peso del aire absorbido y concluye que solamente una parte del aire se puede combinar con los metales o servir para la respiración. El aire deja de ser un elemento.

¿Cuál es esa porción de aire que se puede absorber? Lavoisier contesta a esto diciendo: el aire “puro”, al que luego llamará “aire inminentemente respirable”, más tarde “principio oxígeno”, y después oxígeno. (Esto último es una lástima, pues oxígeno significa “el que engendra los ácidos”. Lavoisier pensaba que todos los ácidos contienen oxígeno, lo cual dará origen a una terrible confusión, pero esto es otra historia...)

También en 1774, el inglés Joseph Priestley (1733-1804) obtendrá un gas insoluble en el agua que mantiene con vivacidad la combustión al calentar óxido rojo de mercurio ( $HgO$ ). Cree reconocer  $N_2O$ , el proto-óxido del nitrógeno, que había obtenido el año anterior al reaccionar  $NO_2$  con limadura de fierro. Reto-

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

mando sus experimentos en 1775, constata que ese “aire” es igual de bueno que el aire ordinario para mantener la combustión y la respiración. Lo llama “aire deflogisticado”, es decir, aire que puede aprisionar al flogisto de los cuerpos combustibles.

Casi en la misma época, otro químico partidario de la teoría del flogisto, el farmacéutico sueco Carl Wilhelm Scheele (1742-1786), aísla también el oxígeno al descomponer óxido de manganeso. Sus experimentos no se publican hasta 1777, y en ellos demuestra que el aire está compuesto de dos fracciones: el “aire corrupto” o “aire viciado”, y el aire “puro” o “aire de fuego”.

Lavoisier no fue el primero en refutar la existencia del flogisto. Pero sí fue el primero en aplicar un método de pesar y cuantificar la cantidad de cada sustancia antes y después de la reacción, llegando a la conclusión de que la materia que supuestamente se perdía pasaba a ser gas. Sus colegas habían tenido miedo de encerrar el gas para pesarlo por temor a producir una explosión.

El oxígeno se descubre en 1774, pero desencadenará una discusión acerca de quién lo había hecho primero, si Lavoisier o Prestley.

Priestley había empleado la teoría del flogisto para explicar las transformaciones de lo que denominaba “fluidos elásticos” (o “gases”, de forma aproximada, en nuestra actual terminología). Priestley introdujo expresiones como “aire flogisticado” y “aire desflogisticado”. Se había observado desde muy antiguo que cualquier sustancia arde durante un período limitado si la cantidad de aire disponible es igualmente limitada (en caso de hallarse, por ejemplo, en un recipiente estancado). Priestley denominó al residuo de aire que quedaba tras el proceso de combustión (en realidad, una mezcla de Nitrógeno y Dióxido de Carbono) “aire flogisticado”, pues pensaba que durante la combustión dicho aire había absorbido todo el flogisto que tenía capacidad de albergar. La combustión cesaba porque no podía absorber más flogisto. Siempre siguiendo esta línea de razonamiento, cuando Priestley calentó la cal roja de mercurio y obtuvo un tipo de aire que podía mantener más tiempo la combustión lo denominó “aire desflogisticado”. Años más tarde Lavoisier lo denominaría “Oxígeno”.

Dos años antes en Estocolmo, el químico sueco C. Scheele (1742-1786) logró aislar el aire desflogistizado de Prietsley, al cual bautizó con más propiedad,

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

“aire incendiario”. Después de sus trabajos sobre la calcinación del estado en un recipiente cerrado, Lavoisier retoma los experimentos de Priestley, de manera sistemática, literalmente balanza en mano, y calentando el óxido de mercurio en presencia de carbono; ahí descubre que una parte del gas formado es soluble en agua, el llamado “aire fijo” ( $\text{CO}_2$ ), y que la otra parte, insoluble en agua, activa la combustión y es el mismo gas que sirve para la calcinación de los metales. Este último, no precipita el agua de cal y no es absorbido por los alcalis. Lavoisier calienta entonces el mercurio metálico con ese gas, siempre tomando en cuenta los pesos sistemáticos, y obtiene óxido rojo  $\text{HgO}$ . Después de multiplicar sus experimentos, publica sus conclusiones en una tesis en 1775, en la que concluye que:

- El óxido  $\text{HgO}$  es una cal metálica.
- El gas que no es el “aire fijo” mantiene mejor la combustión que el aire atmosférico.
- Que este gas es el responsable del aumento de peso de los metales durante la calcinación.

Lavoisier observó y estudió detenidamente qué era lo que pasaba; luego reunió a sus colegas y les informó: “Cuando se deja un metal a la intemperie este se oxida!”. Esto significa que toma Oxígeno, que es el gas abundante que nos rodea y al que ustedes llaman gas vital. Por otro lado, mediante pesadas cuidadosas, ayudado por Marie Anne, llegó a las siguientes conclusiones:

1. El calcinado es más pesado que el metal original.
2. El sistema estudiado pesa lo mismo antes y después de la combustión.

Por tanto, algo en el recipiente debía haber perdido una cantidad de peso equivalente a la ganancia del metal original; y ese algo podría ser el aire.

La metodología de Lavoisier se despliega en este documento. No presenta sus conclusiones hasta que puede apoyarlas firmemente con una experimentación sistemática. Esto lo conduce en 1777, a presentar su famosa tesis en La Academia de Ciencias: *Sobre la combustión en general*. Para él, la combustión consis-

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

te en la absorción de un gas, llamado por Scheele, “aire de fuego”, por Priestley, “aire deflogisticado” y por él mismo “aire inminentemente respirable”. A la otra parte la llamó “mufla residual”, y más tarde, en 1787, nitrógeno. La combustión está acompañada por la liberación de calor y de luz. Las sustancias se queman solamente en el aire “deflogisticado” de Priestley. El gas en el que se queman las sustancias es absorbido, y se correlaciona con el aumento de peso. La substancia que se obtiene es un ácido o una cal metálica. En ese momento Lavoisier todavía es prudente y manifiesta un cierto respeto por la teoría de Stahl. Adelantando una hipótesis, dice simplemente que el flogisto ya no es necesario para explicar la combustión.

En 1783, seis años más tarde, Lavoisier ha madurado más sus ideas y entonces publica su tesis *Reflexiones sobre el flogisto para servir de continuación a la teoría de combustión y de la calcinación*. Ahí hablará más fuerte, y multiplicará los argumentos contra la teoría del flogisto. Rindiendo homenaje a los descubrimientos de Stahl, los retoma punto por punto, para refutar así todos los aspectos de la teoría. “Si en química cada cosa se puede explicar de forma satisfactoria sin la necesidad del flogisto, se vuelve altamente probable que tal principio no exista”. Es el verdadero derrocamiento de la teoría, lo que no impedirá a Priestley y a Scheele de morir como partidarios de la teoría del flogisto.

En 1784, Kirwan, químico irlandés, (1733-1822) de gran autoridad en Europa, publica su *Ensayo sobre el flogisto y la constitución de los ácidos*, donde se convertirá en el abogado de las ideas de Stahl. Su obra la traduce inmediatamente al francés Madame Lavoisier, y la anotan sistemáticamente Lavoisier y sus colegas Laplace, Berthollet, Monge, Fourcroy y Guyton de Morveau, quienes ¡comentan y refutan cada punto!

En 1791, Kirwan escribió a Berthollet: “me rindo al fin y abandono al flogisto.” Lavoisier salía victorioso de una lucha de quince años contra los partidarios del flogisto.

En 1789, año de la toma de la Bastilla en París, Lavoisier publica su célebre *Tratado elemental de química*, dirigido a un público amplio, en el que desarrolla todos sus conceptos. Este tratado se traduce y se publica en toda Europa, por lo que a partir de 1789 ningún libro de texto se vuelve a basar en la teoría del flogisto.

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

Esta reconstrucción histórica, algo complicada, deja entrever la importancia del Siglo de las Luces en el dominio de la química. La química stahliana no solamente deja atrás las concepciones mecanicistas y abstractamente corpusculares de los químicos del siglo XVII, sino que, arraigada a la tradición de los químicos, asociación práctica y proceso explicativo, con lo que consigue edificar por primera vez en la historia en la química una teoría global. De cierta forma, es esto lo que le permite a Lavoisier llegar a la amplitud de su crítica. Los trabajos de Lavoisier, que están marcados por sello de la genialidad, constituyen una verdadera revolución en la química y van a sentar las bases para el desarrollo de esta ciencia durante el siguiente siglo, tanto en el plano teórico, como en el de sus aplicaciones. Basta evocar el lugar de la química en la revolución industrial para convencerse de ello.

El procedimiento de Lavoisier es totalmente innovador en tanto que es, ante todo, un proceso experimental sistemático. Lavoisier introduce la práctica cuantitativa, dando con ello un lugar central al análisis, con lo que se sientan las bases de la química moderna. Lavoisier al principio no habla del flogisto hasta que sus convicciones se ven fundamentadas por un estudio experimental sólido, que permita rechazar al flogisto.

La importancia de los trabajos de Lavoisier1 conducirá a sus sucesores franceses a venerar al autor de la revolución química, hasta convertir la veneración en un verdadero culto, lo que contribuyó ciertamente a forjar una actitud profundamente positivista en los químicos franceses de los siglos XIX y XX.

Varios factores llevaron a esta revolución. Primero, surgieron varios métodos de análisis gravimétricos de análisis derivados de la alquimia y de nuevos instrumentos desarrollados en contextos médicos e industriales. Con ello, los químicos como modernos refutaron las teorías de los antiguos griegos aceptadas hasta entonces. Por ejemplo los químicos comenzaron a aceptar que todas las estructuras se componían de más de cuatro elementos de acuerdo a la teoría griega y de los ocho elementos de los alquimistas medievales. El holandés Robert Boyle sentó los principios de la revolución química debido al enfoque filosófico de la mecánica corpuscular.

Otro factor fue el descubrimiento del “*aire fijo*” (dióxido de carbono) por Joseph Black a mediados del siglo XVIII. Este descubrimiento fue particular-

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

mente importante porque probó experimentalmente que el aire no consistía sólo de una sustancia y estableció que los gases son un factor experimental muy importante. Los experimentos que realizaron Henry Cavendish y Joseph Priestley, al final del siglo XVIII, demostraron estos hechos.

Lavoisier también tradujo la jerga arcaica y las técnicas de química en un lenguaje más accesible a las masas. Esto dio lugar a mayor interés público en el aprendizaje y la práctica de la química. Al describir la tarea de reinventar la nomenclatura química, Lavoisier dijo:

«Debemos limpiar la casa a fondo, porque han hecho uso de un lenguaje enigmático, que en general presenta un significado para los adeptos y otro sentido para el vulgo, y al mismo tiempo, no contiene algo inteligible para nadie.»

Puntualizando, la revolución química estableció

1. que el aire participaba en las reacciones químicas.
2. Abandonar la creencia de que el aire era un elemento.
3. El concepto de gas.
4. La demostración realizada por Guyton en 1771.
5. La transformación de las ideas sobre la acidez.
6. La nueva teoría de la composición química y la organización de la materia.

Una de las razones por la cual Lavoisier es conocido como el “padre de la química” es por iniciar la revolución química debido a su habilidad de incluir las matemáticas en la química, permitiendo que los métodos experimentales utilizados en este campo también se pudieran usar en otras “ciencias exactas”. Lavoisier cambió el campo de la química manteniendo meticulosas mediciones en su investigación demostrando que durante una transformación química de las sustancias, la masa total de éstas se conserva. Lavoisier utilizó instrumentos barométricos y termométricos para realizar mediciones en sus experimentos y colaboró con Pierre Simon Laplace en la invención del calorímetro, un instrumento utilizado para medir los cambios de calor en una reacción química. Intentando desmantelar la teoría del flogisto para establecer su propia teoría acerca de la combustión, utilizó un aparato diseñado por él, que consistía en una barra de hierro al rojo vivo, fabricada para que el agua pasara a través de ésta por medio de una canaleta neumática y el agua se separara, al final había un barómetro y

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**

### **Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

un termómetro. La precisión en la medición fue un requerimiento para convencer a sus opositores de que el agua era un compuesto, no una sustancia.

A pesar de la precisión en la medición de su trabajo, Lavoisier encontró mucha oposición en sus teorías. Los defensores del flogisto, como Joseph Priestley, reclamaban que la demostración de los hechos sólo eran aplicables para algunos fenómenos, y la interpretación de estos hechos no implicaba la exactitud de sus teorías, él señalaba que Lavoisier intentaba poner orden en los fenómenos observados y que era necesaria una segunda fuente de validez para dar una prueba definitiva de la composición de la agua y la inexistencia del flogisto.

La revolución comenzó con la publicación en 1789 del “Tratado elemental de Química”. A partir de esta publicación y otras subsiguientes, Lavoisier explicó la composición del aire y el agua y acuñó el término oxígeno. También explicó la teoría de la combustión, y acabó con la teoría del flogisto, remplazándola por la teoría de la oxidación. Con su teoría del calórico da una interpretación de la dilatación térmica, los cambios de estado y la transferencia de calor. El Tratado incorpora nociones novedosas y describe los experimentos y el razonamiento que llevó a cada conclusión. En suma, el tratado de Lavoisier hizo por la química lo que Principia Mathematica de Newton hizo por la física.

El trabajo de Lavoisier no fue aceptado inmediatamente y requirió varias décadas para fuese aprobado. La transición fue respaldada cuando en 1814, Berzelius, propuso una abreviatura simplificada (símbolo químico) para describir los compuestos químicos basados en la teoría atómica de Dalton de pesos atómicos relativos.

Lavoisier se basó en el enfoque sobre la investigación científica de Bonnot de Condillac para demostrar que, al inicio, el ser humano crea una representación mental del mundo, usando la evidencia reunida. En el prefacio del “Tratado elemental de química”, Lavoisier afirmaba que:

«Hay una máxima aceptada universalmente en geometría, y de hecho en cada rama del conocimiento, la cuál es, en el proceso de investigación, debemos pasar de hechos conocidos a lo desconocido... De esta manera, desde una serie de sensaciones, observaciones y análisis, surge una serie sucesiva de ideas, tan unidas entre sí, que un observador atento puede rastrear hasta cierto punto el

**LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA  
Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

orden y la conexión de toda la suma del conocimiento humano».

Lavoisier vincula claramente sus ideas con las de Bonnot de Condillac, buscando reformar el campo de la química. Su objetivo en el tratado elemental de química era asociar el campo con la experiencia directa y la observación, más que con la suposición. Su trabajo definió una nueva base y estableció una dirección para el curso futuro de la química.

Lavoisier en colaboración con Louis Bernard Guyton de Morveau, Claude Louis Berthollet y Antoine François de Fourcroy, publicaron el *Méthode de nomenclature chimique* en 1787. Este trabajo determinó la terminología para la “nueva química” enfocado en condiciones estandarizadas, establecimiento de nuevos elementos y el trabajo experimental. “Méthode” describió 55 elementos que eran sustancias, de tal manera que no se podían dividir o descomponer en otras más simples. Desde la introducción de esta nueva terminología en el campo de la química, el trabajo de Lavoisier alentó a otros químicos a adoptar sus teorías y el uso de los términos, hasta la fecha este método de nomenclatura es utilizado y considerado como el lenguaje propio de la química.

El último experimento fue medir el tiempo que podía permanecer consciente una vez que hubiese sido decapitado por la guillotina. Pudo parpadear hasta 12 veces. El juez (quien se dice que dijo “la república no necesita científicos”) corrió la misma suerte tres meses después.

El proceso que dio lugar a la revolución que dio nacimiento a la química, le sirve a Thomas Kuhn, el conocido historiador de la ciencia y epistemólogo, para ejemplificar lo que caracteriza como la crisis de un paradigma, entendiendo por este último el conjunto de valores, métodos, conceptos y valores que constituye una comunidad científica. Un ‘primer rasgo de una situación de crisis es la proliferación de versiones de la teoría supuestamente hegemónica. La segunda característica es la ardua competencia entre teorías y propuestas competidoras, incluso algunas más antiguas que la teoría que todavía se presenta como dominante.

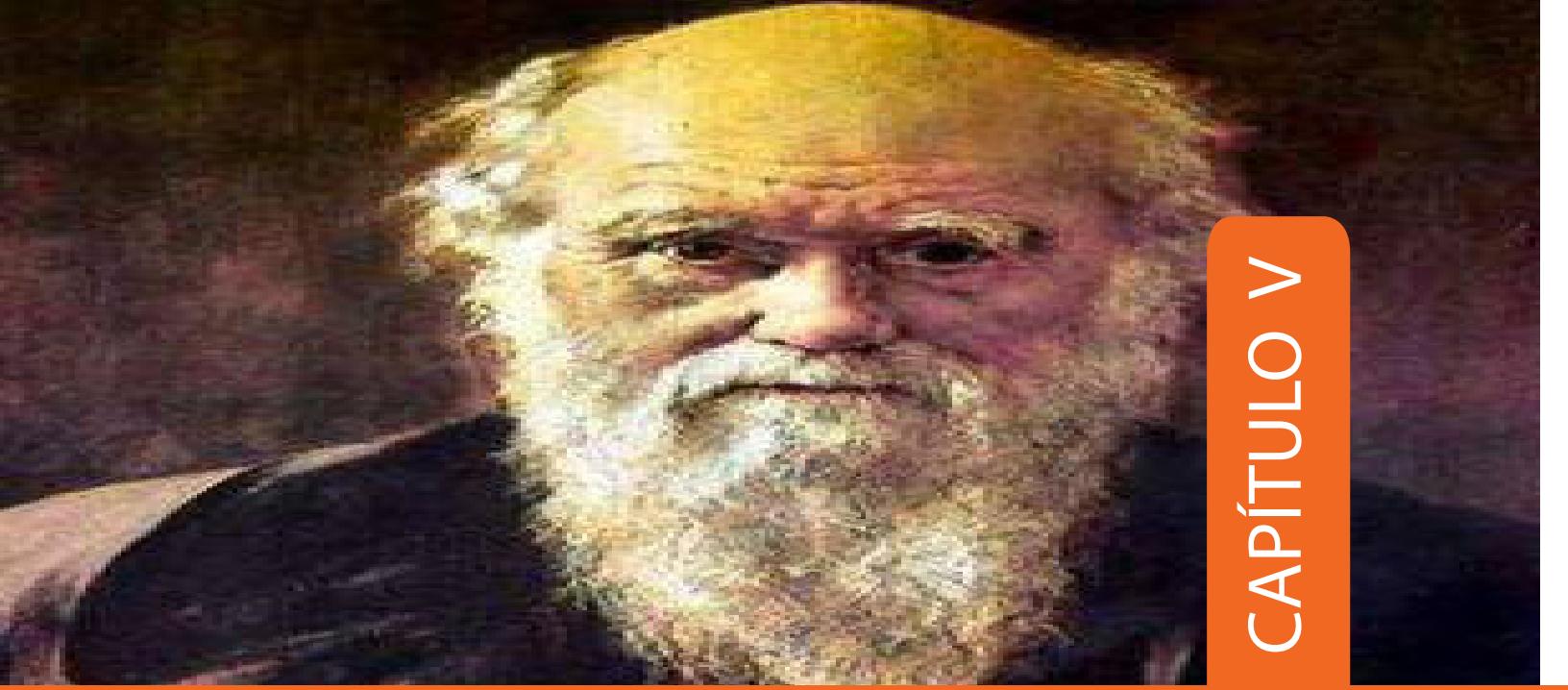
Luego de la crisis, cuando la revolución ya avanza con una nueva concepción del mundo y de los fenómenos que parecían ya conocidos, pareciera que es el mundo mismo el que ha cambiado. Dice Kuhn, los cambios de paradigma “es

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

algo así como si la comunidad profesional fuera transportada repentinamente a otro planeta, donde los objetos familiares se ven bajo una luz muy diferente y además se les une a otros objetos desconocidos” (Kuhn, Ob, cit.: 176). Lavoisier y Priestley vieron ambos el oxígeno; pero interpretaron sus observaciones de manera muy diferente. Pero no se trata solamente de cambios de “interpretación” de unos mismos datos. Definitivamente, el oxígeno no es aire desflogistizado. Las diferencias son irreconciliables porque son completamente incompatibles, incomunicables. Se trata de dos mundos, efectivamente. Lenguajes diferentes, ojos diferentes, experiencias que, definitivamente, son diferentes. Los golpes que recibió la teoría del flogisto, la complicada y tortuosa historia de su debilitamiento del reino de los químicos, culmina con “otro planeta”. Y a veces, esos cambios repentinos de visión, de lenguaje, de imágenes, de métodos, de instrumentos, de prioridades, etc., tienen lugar en un sueño iluminador.

Es muy posible que los esposos Lavoisier hayan compartido ese sueño inquieto que los despertó al mismo tiempo en un nuevo mundo, luego de haber anotado sus nuevas observaciones de laboratorio, graduar los instrumentos concebidos especialmente para ellos, leído y discutido las obras de sus colegas que no los habían convencido.

Es posible que Lavoisier, en la fracción de segundo en que esperó el golpe definitivo de la hoja asesina de la guillotina, se hubiese preguntado: cómo puede ver el mundo los ojos de un decapitado. Eso explicaría esos doce guiños que dicen que hizo cuando su cuerpo ya se había separado de esa cabeza que había revolucionado la ciencia.



## CAPÍTULO V

# CHARLES DARWIN, UNO DE LOS GENIOS DE ESTOS SIMIOS QUE SOMOS



[www.mawil.us](http://www.mawil.us)



## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

Todavía hoy, el nombre de Darwin está rodeado de cierto recelo y alguna que otra discusión donde salen a relucir creencias muy arraigadas acerca de la significación de la Humanidad en el Universo. Ya es un consenso y un lugar común considerarlo como uno de los científicos más importante de todos los tiempos, por ser el Padre de la Teoría de la Evolución. Otro revolucionario de la ciencia, Sigmund Freud, como veremos, lo señaló como el responsable de una de las heridas más dolorosas en el narcisismo de la especie humana. Tal vez conocer de su vida nos mostrará a un hombre muy humano, Quizás *demasiado* humano, como diría Nietzsche.

Charles Darwin, nacido en Inglaterra en 1809, formó parte de una reconocida familia de médicos. Erasmus Darwin, su abuelo, fue muy famoso en su época, por sus inventos notables. No solo tenía interés por la ciencia, sino también por la tecnología, lo cual le permitió entrar en contacto con industriales, inventores, fabricantes e investigadores. Erasmus fue médico, poeta y, adelantándose a su nieto, evolucionista, pues según él todos los organismos provenían de una única forma originaria que, tras una dilatada transformación, habían dado lugar a las otras formas existentes. Para la época no se utilizaba sino el término de “transformación”, pues la denominación de “evolución” se reservaba para hacer referencia a los cambios del embrión a través de su desarrollo.

Charles Darwin creció dentro de una opulenta familia de clase media alta, relacionada con inventores, financieras e inversores, dentro de un contexto histórico que usufructuaba los réditos de la Revolución Industrial y dejaba atrás el estilo de vida del siglo XVIII. Desde temprana edad se sintió atraído por la ciencia, entró en contacto con filósofos e historiadores y leyó las obras de grandes maestros de la filosofía, como Platón, Aristóteles, Hume y Kant. Sin embargo, no fue un estudiante sobresaliente, sino que, junto a su hermano mayor, satisfacía su innata disposición a la investigación con sencillos experimentos de química, que practicaban en su casa. Después de abandonar los estudios de medicina, que cursaba en Edimburgo, se inscribió, en 1828, en el Christ's College de la Universidad de Cambridge, para formarse, sin éxito, como clérigo.

Al momento de matricularse en Cambridge, Darwin estaba de acuerdo con las treinta y nueve tesis de la iglesia anglicana. En su autobiografía escribiría; “leí con gran atención Pearson on the Creed (Pearson: acerca del credo) y otros cuantos libros de teología y no dudé lo más mínimo sobre la verdad estricta y

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

literal de cada una de las palabras de la Biblia, me convencí inmediatamente de que debía aceptar nuestro credo sin reservas” (Darwin; 1993: 25). Sin embargo, las clases escasamente desafiantes para su inquisitiva actividad mental contribuyeron, nuevamente, a su dispersión en los estudios.

No obstante, en ese ambiente académico tuvo la oportunidad de interactuar con un grupo de intelectuales y científicos interesados en diversos campos del saber. En la universidad no había cursos formales de ciencias y los intereses estaban permeados por un ambiente religioso. Para ser profesor de la universidad, Oxford o Cambridge las dos únicas universidades existentes, era necesario ser miembro de la iglesia anglicana de Inglaterra. A partir de 1830, Charles comienza a dar sus primeros pasos científicos. En 1831, se incorporó al equipo del Beagle, buque de la armada británica encargado de levantar mapas de la costa suramericana. En su autobiografía afirma “siempre he creído que le debo a la travesía la primera instrucción o educación real de mi mente, me vi obligado a prestar gran atención a diversas ramas de la historia natural, y gracias a eso perfeccioné mi capacidad de observación, aunque siempre había estado bastante desarrollada” (p. 43). Darwin pasó cinco años en el Beagle, y durante la travesía se dedicó al estudio de la flora y de la fauna de las regiones visitadas, le dio la vuelta al globo, para regresar a Inglaterra en 1836.

Aunque sus aportes más significativos pertenecen al campo de la biología, en sus inicios estuvo dedicado a la geología. Esta era una disciplina fundamental en torno a las necesidades generadas por la revolución industrial, ya que era importante para la construcción de caminos, el dragado de los ríos y canales, la perforación de túneles para el paso de los ferrocarriles, el tendido de sólidas líneas férreas, entre otros.

Para ese entonces, en el ámbito de la geología, dos teorías se disputaban la palestra; la teoría del catastrofismo de Whewell, y la teoría del gradualismo o de la uniformidad sostenida por Lyell. Darwin conocía ambas teorías, no obstante, se decantaba por el gradualismo. Esta perspectiva, que, a grandes rasgos, planteaba que todo lo ocurrido geológicamente era el resultado de los procesos naturales comunes y cotidianos acaecidos sin interrupción durante un lapso de tiempo infinito y que los seres vivos eran producto de la naturaleza y no de la intervención divina. La perspectiva de Lyell permitió a Charles construir su teoría acerca de los arrecifes de coral. En su autobiografía confesaría; “no he

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

emprendido ningún otro trabajo con un espíritu tan deductivo como este, pues toda la teoría fue concebida en la costa occidental de América del Sur, antes de haber visto un verdadero arrecife de coral. Sin embargo, también estaba al tanto de las discusiones, polémicas y supuestos existentes acerca del origen de los seres vivos, además el tema revestía especial interés para él.

A lo largo de los años, Darwin fue madurando sus ideas sobre la transmutación de las especies, pero sin llegar a publicarlas, mientras se hacía exitoso con la publicación de su diario y algunos de los hallazgos científicos de sus viajes con el Beagle:

*A partir de septiembre de 1854 me consagré totalmente a ordenar mi enorme montón de apuntes, a observar y a experimentar en relación con la transmutación de las especies. Durante el viaje del Beagle había quedado profundamente impresionado cuando descubrí en las formaciones de las Pampas grandes animales fósiles cubiertos de corazas, como las de los actuales armadillos; en segundo lugar, por la manera en que animales estrechamente emparentados se sustituyen unos a otros conforme se va hacia el sur del continente; y en tercer lugar por el carácter sudamericano de la mayor parte de los productos de las Islas Galápagos. Era evidente que hechos como estos, y también otros muchos solo podían explicarse mediante la suposición de que las especies se modifican gradualmente; y el tema me obsesionaba. (p. 65).*

En 1838, tendría el primer gran impulso conceptual al observar e intentar comprender las colecciones de especies que había acumulado durante su recorrido en el Beagle. La vida animal provenía de cierta forma original y cambiaba y evolucionaba con el transcurso del tiempo. Las especies no eran inmutables; esa fue su hipótesis de trabajo. Darwin sabía que estas premisas no serían aceptables para los intelectuales de Cambridge, por ello, inició sus registros dentro de un absoluto silencio. En ese entonces y a tenor de la mecánica newtoniana, el desafío era encontrar una explicación causal al origen y evolución de los organismos. En la selección sistemática preveía la clave para la comprensión de los cambios en las especies. Y para sostener esta última premisa aprovechó la teoría de la progresión de la población de Malthus:

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

*En 1838, quince meses después de haber empezado mi estudio sistemático, se me ocurre leer por entretenimiento el ensayo de Malthus sobre la población y, como estaba bien preparado para apreciar la lucha por la existencia que por doquier se deduce de una observación larga y constante de los hábitos de animales y plantas, descubrí en seguida que bajo estas condiciones las variaciones favorables tenderían a preservarse, y las desfavorables a ser destruidas. El resultado de ello sería la formación de especies nuevas. Aquí había conseguido por fin una teoría sobre la que trabajar; sin embargo, estaba tan deseoso de evitar los prejuicios que decidí no escribir durante algún tiempo ni siquiera el más breve esbozo. (p. 67).*

Según la teoría malthusiana, publicada a finales del siglo XVIII, los recursos, espacio y alimento aumentan en progresión aritmética, mientras que la población lo hace en progresión geométrica, situación que da lugar a la lucha por la existencia. El nacimiento de más individuos de los que podían sobrevivir constituía, para Darwin, una especie de selección natural. Los sobrevivientes son los organismos aptos y en ellos se operarían, con el tiempo, cambios de índole física; adaptaciones de órganos como la mano y el ojo que contribuyen a la supervivencia. Este principio de la selección natural sería conocido como la teoría de la supervivencia del más apto:

*Si en condiciones variables de vida, los seres orgánicos presentan diferencias individuales en casi todas las partes de su estructura –y esto es indiscutible–; Si hay, debido a su progresión geométrica, una rigurosa lucha por la vida en alguna edad, estación o año –y esto es ciertamente indiscutible–; considerando entonces la complejidad infinita de las relaciones de los seres orgánicos entre sí y con sus condiciones de vida, que hacen que sean ventajoso para ellos una infinita diversidad de estructuras, constitución y costumbres, sería un hecho, el más extraordinario, que no se hubiesen presentado nunca variaciones útiles a las prosperidad de cada ser, ..., los individuos caracterizados de este modo tendrán seguramente las mayores probabilidades de conservarse en la lucha por la vida y, por el poderoso principio de la herencia, tenderán a producir descendientes con caracteres semejantes. A este principio de conservación o supervivencia de los más adecuados lo he llamado selección natural. Conduce*

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

*este principio al perfeccionamiento de cada ser en relación con sus condiciones de vida orgánica e inorgánica y, por consiguiente, en la mayor parte de los casos, a lo que puede ser considerado como un progreso en la organización. (Darwin; 1958:19).*

Poco a poco, junto con la era victoriana (1837-1901), fue revelándose la fisonomía del prestigioso científico que llegaría a ser. Trabajaba incansablemente y sus investigaciones se extendían a lo largo de muchos años. Así, en la investigación sobre los cirrípedos (percebes) consumió unos ocho largos años, pues manipulaba, disecaba y observaba grandes cantidades de las especies objeto de investigación para, posteriormente, plasmar sus hallazgos en grandes volúmenes. Sin embargo, ni siquiera durante esos trabajos dejaba de reflexionar en el tema de la evolución humana:

*En el tiempo en que residí en Londres, además de mi trabajo sobre los arrecifes de coral, di algunas charlas en la Geological Society, una de ellas sobre los cantes rodados de Sudamérica, otra sobre los terremotos y otra sobre la formación de humus por mediación de las lombrices de tierra. También continué supervisando la publicación de Zoology of the voyage of the Beagle. Y no dejé de recoger datos relacionados con el origen de las especies; a veces podía hacer esto, cuando por enfermedad, estaba incapacitado para hacer ninguna otra cosa. (p. 53).*

En 1859, apremiado por los descubrimientos del joven naturalista Alfred Russell Wallace, quien habría llegado a las mismas conclusiones que él concibiera veinte años atrás, terminó su obra fundamental, intitulada *Acerca del Origen de las especies por obra de la selección natural, o la conservación en la lucha por la vida de las razas más favorecidas*. Denominada de manera resumida *El origen de las especies*, la obra tuvo un éxito inmediato:

*Es, sin duda, la obra más importante de mi vida. La reducida primera edición de 1250 ejemplares se vendió en el mismo día de su publicación... Ha sido traducida a casi todos los idiomas... Se ha dicho en ocasiones que el éxito del Origen demostró que el “tema estaba en el aire”. No creo que esto sea estrictamente cierto. Lo que creo es que innumerables hechos perfectamente observados estaban esperando*

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

*en las mentes de los naturalistas, listos para ocupar su puesto tan pronto como se explicara suficientemente una teoría que los abarcara. (p. 70-71).*

Las publicaciones de Charles Darwin fueron múltiples y abarcan conocimientos acerca de diferentes ámbitos de la naturaleza. Son una muestra del amplio espectro de interés de Darwin en el campo de las ciencias naturales: biología, geología, entomología, etología, botánica. Además del Origen de las especies, publicó Observaciones geológicas (1844), *Diario de investigaciones* (1839, 1845), *Observaciones Geológicas en Suramérica* (1846), *Zoología del viaje del Beagle*, *La fertilización de las orquídeas* (1862), *Variación de los animales y plantas en régimen de domesticidad* (1868), *El origen del hombre y de la selección en relación al sexo* (1871), *La expresión de las emociones en el hombre y en los animales* (1872), *Plantas insectívoras* (1875), *Efectos de la autofertilización y de la fertilización cruzada en el reino vegetal* (1876), *Las diferentes formas de las flores* (1877, 1880). *La vida de Erasmus Darwin* (1879). *La formación del mantillo vegetal por la acción de las lombrices* (1881). La gran cantidad de títulos, la dimensión de muchos de sus volúmenes y la rapidez con que se agotaban sus publicaciones dan cuenta de las dimensiones de Darwin, quien además publicó un sinnúmero de artículos de divulgación, como difusor de la ciencia.

Charles Darwin es uno de los científicos que, como ningún otro, ha contribuido a modificar la percepción y las ideas que el hombre ha mantenido con respecto a su naturaleza y esencia humana. Su teoría de la evolución trastocó las creencias victorianas, reenfocó radicalmente la visión sobre la vida en el planeta Tierra. Sin ambages, puede afirmarse que el trabajo de este notable científico cambió el mundo, transformó la manera en que nos entendemos a nosotros mismos y al resto de los seres vivos. Darwin padeció durante mucho tiempo de una extraña enfermedad y falleció en 1882, a la edad de 73 años, fue enterrado en la Abadía de Westminster junto a Isaac Newton. La pasión y el empeño que había puesto en sus actividades de investigación le permitieron satisfacer sus aspiraciones:

*Trabajé al máximo por el mero placer de investigar y guiado por mi firme deseo de añadir algunos datos más a la gran masa de datos con que cuenta la ciencia natural. Pero también ambicionaba alcanzar*

**LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA  
Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

*una buena posición entre los científicos, aunque no tengo idea de si lo ambicionaba más o menos que la mayoría de mis colegas. (p. 47).*

Los aportes científicos de Darwin se suceden en un contexto histórico profundamente dominado por las creencias religiosas. Esto hace que sus hallazgos y teorías hayan sido recibidas con reservas, incredulidad e, incluso, con hostilidad. Darwin rebatió las teorías cristianas creacionistas, al argumentar que las especies, incluso la humana, son el resultado de un largo y lento proceso de cambios naturales. Esto desencadenó la hostilidad de muchos grupos, especialmente religiosos. La teoría de la evolución impactó la concepción de la naturaleza y tuvo profundas implicaciones en otras áreas del conocimiento, así como en las ideas sociales y religiosas. En su autobiografía Darwin lo expone de esta manera:

*Mis opiniones han sido a menudo groseramente tergiversadas, amargamente combatidas y ridiculizadas, pero creo que por lo general esto se ha hecho de buena fe... Me alegro de haber evitado las controversias, y eso se lo debo a Lyell, que hace muchos años, y en relación con mis obras geológicas, me aconsejó firmemente que no me enredara en polémicas, pues raramente se conseguía nada bueno y ocasionaban una triste pérdida de tiempo y de paciencia. (p. 73).*

El núcleo central de la propuesta de Darwin es la selección natural. Este, puede decirse, constituyó su gran objeto de estudio. Para llegar a sus conclusiones, las observaciones de Darwin se extendieron a lo largo de veinte años, a través de los cuales observó desde todo tipo de invertebrados hasta galápagos. Cabe destacar que Darwin era un gran coleccionista de todo tipo de animales. La idea de la evolución, antes denominada transformación, de las especies, no era una idea original de Darwin, ya había sido presentada por algunos naturalistas como George Louis Leclerc (1707-1788), quien sostenía que el entorno actúa directamente sobre los organismos, Erasmus Darwin (1731-1802), autor de la obra Zoonomia, donde presenta sus ideas acerca de las leyes de la vida orgánica, Jean Baptiste de Monet, caballero de Lamark (1744- 1829), según el cual la generación espontánea es propia de las formas de vida más elementales y la progresión ascendente es característica del resto de organismos, incluso de los humanos, Alfred Russell Wallace (1823-1913) exponente de muchas ideas similares a las de Darwin, entre otros. Él mismo lo reconoce en su autobiografía:

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

*Un día, mientras paseaba con el doctor Grant, este expresó abiertamente su gran admiración por Lamarck y sus opiniones sobre la evolución. Le escuché con silencioso estupor, y, por lo que recuerdo, sin que produjera ningún efecto sobre mis ideas. Yo había leído con anterioridad la Zoonomia de mi abuelo, en la que se defienden opiniones similares, pero no me había impresionado. No obstante, es probable que el haber oido ya en mi juventud a personas que sostenían y elogian tales ideas haya favorecido el que yo las apoyara, con una forma diferente, en mi Origen de las especies. En aquella época yo admiraba muchísimo la Zoonomia, pero al leerla por segunda vez, tras un intervalo de diez o quince años, quedé muy defraudado, tan grande era la proporción de especulaciones respecto de los datos que proporcionaba. (p. 18).*

Darwin no empleó el término evolución en sus obras, este no aparece en ninguno de los títulos de los quince capítulos que conforman El Origen de las especies. Solo estableció que toda la vida en la tierra está relacionada mediante la “descendencia con modificaciones”. Para él, las especies descendían de sus predecesores, por ello muchas variaciones son hereditarias. El cambio conceptual radica en la teoría de la modificación de las especies mediante selección natural, por ello, solo tardíamente, treinta y tres años después, en 1869, utilizaría el término evolución. Este llega, entonces, a significar la modificación de la realidad misma para formar una especie distinta, que incluye algún tipo de selección.

Según Darwin, todas las especies, incluidas las actuales, configuran un mismo y único árbol de vida; hay especies ancestrales comunes, y la selección natural es el elemento neurálgico, la causa principal responsable de toda la diversidad sobre la tierra. Esto significa un cambio adaptativo y progresivo desde especies ancestrales hasta sus descendientes:

*De un número grande de descendencia que potencialmente puede crecer a partir de una semilla, eclosionar o nacer, solo sobrevive una población limitada. Estos supervivientes, por lógica, deben tener caracteres más adecuados para la supervivencia en ese ambiente determinado que los de los descendientes que no sobrevivieron. Darwin dio a este proceso de supervivencia diferencial y reproducción el nombre de selección natural. Pero selección natural solo de-*

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

*nota la supervivencia y reproducción de los pocos con relación a los muchos... La selección natural, en realidad una supervivencia diferencial, selecciona solo caracteres que ya existen, entonces, ¿cómo surgieron las variaciones intrínsecas? Darwin, como su predecesor Jean Baptiste Lamark, lidió con el problema y propuso la hipótesis de la pangénesis para la herencia de los caracteres adquiridos. Trató de explicar la fuente de la variación evolutiva, pero al final, simplemente admitió su ignorancia. (Margulis; 2003: 29-30).*

Para muchos científicos la selección natural podía generar algunos cambios, sin embargo, muy pocos creían que la misma pudiera explicar todos los cambios. Esta última conclusión planteaba asuntos científicos críticos: la necesidad de una teoría sólida relacionada con la herencia y otra, con la edad de la tierra. La primera se requería para explicar cómo se transmiten las variaciones genéticas y la segunda para estimar desde cuándo habría vida en el planeta y el tiempo estimado en que habría operado la selección natural sobre las especies. Como se ha indicado, Darwin nunca pudo resolver estos problemas, No obstante suscitó un extenso debate tanto de naturistas como de físicos y geólogos para dar respuestas a estos asuntos inconclusos para entonces. Con el tiempo, el interés por las causas de la evolución se fue diluyendo y los científicos se dedicaron a desvelar la historia de la vida:

*A la vez que entusiastas y escépticos libraban batalla entre sí, los investigadores activos trabajaban afanosamente y se sentían felices en la tarea de bosquejar los árboles genealógicos de los diversos organismos, llenar lagunas, reestructurar los sistemas taxonómicos de vegetales y animales según sus relaciones genéticas, descubrir series de transformaciones y hallar, tras las diversidades manifiestas, las identidades homólogas. (Jones; 1981: 65).*

Darwin es considerado como un naturalista filosófico. Su teoría tiene importantes implicaciones para la epistemología (teoría del conocimiento), para la ética (teoría de la moral) y para la filosofía. Podría decirse que la discusión sobre los hallazgos de Darwin se extiende a través de dos niveles diferentes; la teoría creacionista es una postura filosófica o teológica mientras que el evolucionismo es una teoría científica. Para Thagard (1992), Darwin no propone una dicotomía entre la selección natural y la creación divina, pues la selección natural podría

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

ser resultado de la creación divina, es decir, no excluye la compatibilidad entre creacionismo y evolucionismo.

Escritor prolífico, dirigió su obra fundamental *El Origen de las especies por medio de la selección natural, o la preservación de las razas preferidas en la lucha por la vida* a un público amplio y no solo a los especialistas. Para ese entonces, el ideal newtoniano era el referente de toda ciencia que se apreciara como tal y Darwin se preocupó por ajustarse a esos cánones newtonianos de la ciencia. Fue uno de los primeros autores en ajustarse al método hipotético deductivo, con el examen de las características de diversos fósiles y especies de América del Sur y de las islas Galápagos llegó a formular su teoría de la evolución. Como lo indica él mismo, “con anterioridad, pese a que había leído varios libros científicos, nada me había demostrado tan claramente que la ciencia consiste en agrupar datos para poder extraer de ellos leyes o conclusiones generales” Darwin; 1993: 38).

Si bien, es discutible que los hallazgos de Darwin constituyan integralmente lo que Kuhn caracteriza como una revolución científica, por cuanto podrían señalarse elementos de continuidad más que de discontinuidad, la teoría darwiniana de la evolución sí es, por lo menos, una revolución conceptual acorde a las concepciones de Paul Thagard (1992). Según González (2009), Darwin no ofreció una explicación satisfactoria acerca de su descubrimiento en un primer momento, sino que reinterpretó sus observaciones empíricas a partir de la obtención de nuevos conceptos. Además, tuvo una dependencia directa respecto a las ideas similares de otros científicos y llegó a resultados innovadores a partir de añadir algo relevante a esas otras teorías. Así, sus contribuciones llegan a ser revolucionarias. De lo antes dicho se infiere lo siguiente:

1. Los nuevos conceptos científicos no son radicalmente nuevos, sino que surgen y se perfilan a la luz de ideas antecesoras o contemporáneas.
2. El cambio conceptual requiere de un proceso de maduración y de experimentación, pues exige el soporte teórico o empírico suficiente, es decir, no se produce de manera instantánea. Darwin fundamentó durante mucho tiempo sus investigaciones y preparó meticulosamente la publicación de sus hallazgos. El *Origen de las especies* fue publicado tras veinte largos años de observaciones.

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

3. Darwin era un coleccionista aficionado; según él mismo cuenta, “por la época en que iba a la escuela diurna, mi afición por la historia natural, y más especialmente por las colecciones, estaba bastante desarrollada. Trataba de descifrar los nombres de las plantas y reunía todo tipo de cosas, conchas, lacres, sellos, monedas y minerales. La pasión por colecionar que lleva a un hombre a ser naturalista sistemático era muy fuerte en mí y claramente innata” (p. 7). Esta afición le permitió sustentar sus propuestas teóricas con suficientes ejemplos de especies de vertebrados e invertebrados, a partir de sus colecciones y del registro fósil. De esta manera su propuesta teórica tiene el respectivo asidero en la realidad, no se limita a una elemental abstracción teórica. Sus conceptos tienen un carácter cognitivo e intentan conocer cómo es la realidad.

4. En los hallazgos de Darwin se destaca tanto el peso de la observación en el campo de la ciencia como el del proceso descriptivo en la investigación. “Consagraba parte del día a escribir en mi diario, y ponía especial cuidado en describir minuciosa y vivamente todo lo que había visto; esto fue una buena práctica” (p. 44). Esta sistematización de la escritura le permitió superar las deficiencias que tenía en dibujo, el descubrimiento de la cámara fotográfica era reciente (1926) y su uso no estaba extendido, la escasa afinación de los métodos de experimentación, rudimentarios y los propios de la época.

5. La divulgación constituye uno de los aspectos clave en la investigación científica y Darwin contribuyó con las ciencias naturales mediante la publicación de una vasta cantidad de libros y artículos. En su autobiografía el autor ofrece una serie de directrices útiles con respecto a su trabajo de escritura:

*Mis numerosos libros me han hecho dedicar mucho tiempo a la ordenación general de material. Primero hago un grosero esquema en dos o tres páginas y luego uno más extenso en algunas más, en el que pocas palabras o una sola representan toda una disquisición o una serie completa de datos. A su vez, cada uno de estos títulos es ampliado y a menudo cambiado de lugar antes de empezar a escribir in extenso. Como en algunos de mis libros he utilizado muchísimos datos observados por otros y, además, siempre he tenido entre manos temas totalmente diferentes, diré que guardo de treinta a cuarenta grandes carpetas en armarios o estantes marcados, en los cuales puedo colocar al instante una referencia o una nota suelta. He com-*

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

*prado muchos libros y al final de cada uno hago una ficha completa de todos los datos que se relacionen con mi trabajo, o, si no son míos, escribo un resumen aparte, y tengo un gran cajón lleno de tales resúmenes. Antes de adentrarme en cualquier tema repaso todas las fichas cortas y hago una ficha general y clasificada, recurriendo a la o las carpetas idóneas tengo toda la información recogida a lo largo de mi vida lista para usar. (p. 85).*

6. Darwin puso en evidencia que los resultados científicos, aunque lleven esa connotación de científicos, no son nunca definitivos con respecto a un objeto de estudio, más aún cuando ese objeto de estudio es tan complejo como la vida de las especies. Las teorías son sistemas complejos de ideas acerca de determinados fenómenos o aspectos de la realidad, aunque son probadas y verificadas muchas veces, son aceptadas hasta que surjan nuevas formulaciones que mejor se ajusten a lo analizado o estudiado.

7. Los descubrimientos de Darwin son una contribución a la ciencia, especialmente a la teoría evolutiva moderna y a la biología contemporánea, molecular, genética. Aun con el paso del tiempo el evolucionismo y el darwinismo continúan generando interés y la teoría de Darwin constituye la base de la síntesis evolutiva moderna. En este sentido, Darwin fue profético al escribir; “mis libros se han vendido ampliamente en Inglaterra, se han traducido a muchos idiomas y han sido sucesivamente reeditados en países extranjeros. He oído decir que el éxito de una obra en el extranjero es la mejor prueba de su valor permanente. Dudo que esto sea totalmente de fiar; pero si juzgamos por este patrón, mi nombre debería perdurar algunos años” (p. 87).

8. En la actualidad, la mayoría de los biólogos defienden que la vida en la Tierra se originó en un ancestro común, sin embargo, es inevitable el surgimiento de nuevos conflictos y desafíos, según observa Eldredge (2009):

*Casi con seguridad, Darwin fue la última persona que estuvo en poder de toda la información biológica y geológica pertinente disponible en su época para abordar los distintos aspectos de la evolución. La división de la biología evolutiva en campos como la genética, la ecología, la sistemática, la biología del desarrollo y la paleobiología, entre otras, ha sido inevitable, y “algo bueno” para el crecimiento*

**LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA  
Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

*de la disciplina, pero la fragmentación de esta esfera del saber ha llevado a luchas de poder y a malentendidos intelectuales de peso igualmente inevitables. La mayoría de los paleontólogos saben muy poco de biología molecular, y los biólogos no saben mucho de fósiles. (p. 190).*





CAPÍTULO VI

## LOUIS PASTEUR, DESCUBRIDOR DEL MUNDO DIMINUTO



[www.mawil.us](http://www.mawil.us)



## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

Louis Pasteur nació en el año 1822, en la ciudad de Dole del departamento de Jura, Francia. Era una época y un contexto impregnado por la efervescencia de la ciencia, del positivismo de Comte y del método científico con sus augurios de progreso para la humanidad. Pasteur creció inspirado por este ambiente donde se debatían grandes enigmas; la pluralidad de las razas humanas, la edad de la creación del hombre la permanencia de las especies o la transformación lenta y progresiva de unas en otras, la materia considerada eterna, y la nada fuera de ella, la inutilidad de la idea de Dios, entre otros grandes problemas.

Era un ser humano de gran sensibilidad, compasivo, generoso, trabajador y preocupado por los otros. Sentía alegría por los éxitos ajenos y no era receloso. Durante su infancia y adolescencia fue tan aficionado al dibujo y a la pintura que ganó la reputación de artista. En 1840 comenzó a trabajar de maestro en la provincia de Besanzón, este de Francia, mientras se preparaba para ingresar a la Escuela Normal. Desde su juventud dio muestras de poseer rigor mental y meticulosidad en la comprobación de los hechos. Era un ávido lector y asignaba a la literatura una inmejorable capacidad para producir ideas generales. En 1842 se trasladó a París e ingresó en el Liceo San Luis y en la Sorbona, como oyente, asistía al curso de Jean Baptiste Dumas, célebre químico de la época, y pronto se convirtió en su discípulo, debido al entusiasmo que le generaba. En 1843 fue admitido en la Escuela Normal de París para estudiar ciencias físicas de donde egresaría en 1847. Este fue el escenario de sus incipientes pasos y éxitos en la ciencia; el primero de ellos fue la obtención de fósforo a partir de huesos calcinados y tratados con ácido sulfúrico. En 1847 presentó su tesis para egresar como doctor en ciencias físicas de la Escuela Normal; *Investigaciones sobre la capacidad de saturación del ácido arsenioso. Estudio de los arsenitos de potasio, sodio y amonio.*

Pasteur trabajaba al lado de Antoine Balar, quien a la edad de veinticuatro años se había hecho famoso por el descubrimiento del bromo y un poco más tarde trabajaría con Augusto Laurent, miembro de la Academia de Ciencia por su constatación de teoría de las sustituciones formulada por Dumas. Según esa teoría, los elementos del cuerpo molecular de las especies químicas pueden ser reemplazados por otros sin alterar la estructura. En su práctica con Laurent previó la importancia, para la química, del conocimiento de la forma de los cristales. A inicios de 1848, “Pasteur leyó en la Academia de Ciencias un extracto de su memoria titulada: Investigaciones sobre el dimorfismo: Existen ciertas

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

substancias que pueden cristalizar en dos formas diferentes: así sucede con el azufre cuando se lo funde en crisol o se lo disuelve en sulfuro de carbono. Las substancias de esta especie se denominan dimorfas” (Vallery Radot: 39). Ese mismo año se alistó en la Guardia Nacional de Orleans.

Poco después regresó a su práctica con la química, Pasteur se complacía en jugar y exponer sus propias ideas; así llegó a clasificar los objetos en dos grandes categorías; simétricos y disimétricos. Los primeros, colocados ante un espejo, producen imágenes que pueden serles sobrepuerta, mientras que a los segundos o disimétricos la imagen specular no puede ser sobrepuerta, tal es el caso de las manos; la derecha no puede ser superpuesta a la izquierda. “Pasteur se preguntó entonces si el aspecto exterior de los cristales no sería índice de alguna ley que rigiera la ordenación de las moléculas exteriores de los mismos, y si la disimetría de forma no sería consecuencia de la disimetría molecular” (Vallery Radot :42). Con sus indagaciones, Pasteur había descubierto la constitución, hasta entonces desconocida y misteriosa, del ácido racémico o paratártrico.

“Era evidente que así quedaba aclarada la causa de la polarización rotatoria y de la hemiedría de los cristales; que se había descubierto una nueva clase de substancias isómeras y que se revelaba la sorprendente constitución, hasta entonces sin paralelo, del ácido racémico o paratártrico; en una palabra, que se ofrecía a la ciencia un nuevo derrotero, amplio e insospechado” (Vallery Radot: 45). De esta manera, las investigaciones de Pasteur comenzaron a interesar a muchos, pues no podían creer que un recién egresado de la Escuela Normal lograra resolver el enigma que inquietaba a un par de reconocidos químicos como Eilhard Mitscherlich y Jean Baptiste Biot. Estos se preguntaban por qué razón, siendo el tartrato y el paratartrato de sodio y de amonio sustancias cristalinas, constituidas por átomos, cuyo número, naturaleza y disposición son iguales, así como las distancias que los separan; el tartrato, hacía girar el plano de la luz polarizada, mientras que el paratartrato no. Con los recursos de la química y la óptica, Pasteur había transformado una cualidad de los cristales en objeto de investigación química. Después de verificar los hallazgos de Pasteur, Biot se convertiría en tutor del novel científico.

Los anales de la Academia de la Ciencia dan cuenta de los otros hallazgos de Pasteur en la química, además del descubrimiento de la manera de obtener ácido racémico, a partir del ácido tártrico. Por este último hallazgo, en 1853, la

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

Sociedad de Farmacia de París le concedió un premio. La sesión de la Academia de Ciencias del 3 de enero de 1853 se concentró especialmente en la obra cada vez más importante de Pasteur. Se le concedió la orden de la Legión de Honor y recibió la gran medalla Rumford de la Sociedad Real de Londres. En 1854 fue designado decano y profesor de la Facultad de Ciencias de Lila. Una de las ciudades de mayor actividad industrial del norte de Francia. En 1858 renunció a la Facultad y regresó a la Escuela Normal. La Academia de Ciencia le concedió el premio de fisiología experimental en 1860 y en 1862 fue aceptado como miembro de la misma.

Pasteur sufrió una hemorragia cerebral en 1868 que no le impidió continuar trabajando arduamente durante veintisiete años más, porque, según él, no es propio de los hombres de ciencia el desaliento. Falleció en 1895 sabiendo que millares de seres humanos debían la vida a sus descubrimientos: los niños enfermos, las parturientas, los operados, los curados de la rabia y muchos otros que él había salvado de los microorganismos.

Pasteur disfrutaba de la ciencia y de sus trabajos en el laboratorio; sin embargo, los laboratorios de ese entonces, ofrecidos por el Estado, mal podían denominarse de esa manera, porque tenían mayor semejanza con una cueva. Por lo general, se componían de una pieza trasera de alguna escuela o museo o un rincón de una estrecha calle. Para disponer de lugares adecuados para el trabajo, los investigadores debían costearlos por sí mismos, quienes no disponían de esta opción, dependían de las vicisitudes del destino o de la caridad. Los encargados del ministerio poco comprendían la naturaleza del trabajo científico y la cantidad de tiempo que absorbía. Aunque si había interés en dedicarse a la investigación, estas condiciones precarias eran preferibles a un cargo en un liceo. Esto último recibió en suerte Pasteur, quien, en 1848, fue designado profesor de física en el liceo de Dijón, este de Francia. Esta tarea consumía mucho tiempo y constituía un obstáculo en su vocación de investigador. De esta manera escribía en una carta a un amigo:

*La preparación de mis clases me lleva mucho tiempo. Solo después de prepararlas con sumo cuidado, consigo hacerlas claras, provechosas y, a veces, también interesantes. En cuanto las desatiendo un poco, las dicto mal y resultan obscuras... El curso de segundo año le agradaba especialmente, porque los alumnos eran poco numero-*

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

*sos... Pero, ¿qué podía hacer con los 80 alumnos del curso de primer año? Los menos aventajados perjudicaban a los demás. ¿No crees que sea erróneo no limitar a cincuenta, como máximo, el número de alumnos? A duras penas consigo mantener la atención de todos en la última hora; por eso me propongo aumentar las experiencias al finalizar las clases. (Vallery Radot: 47).*

Por la mediación de Biot, su tutor científico, fue nombrado profesor suplente de química en la Facultad de Estrasburgo, en 1849. Pasaba semanas y meses dedicado al estudio y con el pensamiento ocupado en un solo problema. A grandes pasos, Pasteur recibía el reconocimiento de la comunidad científica, en cuatro años de trabajo había obtenido un gran renombre. Con mil quinientos frances otorgados por la Sociedad de Farmacias por su descubrimiento del ácido racémico, se instaló en una casa en Estrasburgo y adquirió instrumentos de laboratorio y retomó el estudio de los cristales:

*Una de las experiencias más interesantes que solía hacer consistía en tomar un cristal octaédrico, mutilarlo en algunas partes y sumergirlo nuevamente en el agua madre en que había cristalizado. Poco después, se iniciaba un proceso muy activo en la parte mutilada, y el cristal aumentaba de tamaño, debido al depósito de partículas cristalinas en la superficie. Al cabo de algunas horas recuperaba su forma primitiva. La cicatrización de las heridas, decía, puede compararse con este fenómeno físico. (Vallery Radot: 74).*

Pasteur encontraba vinculaciones inesperadas y con ello elevaba sus especulaciones. Veía la disimetría molecular en todo el universo. Por aquel entonces, es necesario recordar, las personas esperaban de la ciencia una utilidad concreta, porque todavía confiaban en ella el progreso y el bienestar de la humanidad. Mientras trabajaba como decano en la Facultad de Ciencia de Lila, el ministro le hizo una advertencia oficial: “Es preciso que Míster Pasteur esté siempre en guardia contra la poderosa atracción de su amor a la ciencia y que no olvide que, a pesar de mantener el carácter teórico de la enseñanza, debe prestar mucha atención a las aplicaciones prácticas relacionadas con las necesidades reales de la región, a fin de obtener resultados provechosos y extender la beneficiosa influencia de la Facultad”. (Vallery Radot: 80).

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

Pasteur llevaba a los estudiantes de visita a las fábricas y fundiciones o realizaban excursiones de estudios a países vecinos, como Bélgica, para conocer los hornos y talleres metalúrgicos. Para aquel momento había comenzado a interesarse por los fenómenos de la fermentación, la alcohólica y láctica en particular, y estaba a punto de revolucionar la química con uno de sus hallazgos. Con respecto a la fermentación, todo era desconocido hasta 1836, cuando Cagniard Latour, físico de profesión, descubrió que el fermento de la levadura del mosto de la cerveza estaba compuesto por células que se reproducen por brotes y actúan sobre el azúcar. Sin embargo, las observaciones de Latour no pasaron más allá de ser un hecho curioso y los científicos apenas si lograban vislumbrar algún conocimiento del extraño y oscuro fenómeno. Además desestimaban las analogías entre las fermentaciones y los contagios. Para Pasteur, la cuestión revestía un gran interrogante; ¿en qué consistía y cuál era el carácter de este misterioso fenómeno? Aunque en los libros de química de la época figuraban teorías aceptadas sobre el mismo, ninguna de ellas lo vinculaba a la intervención de una función vital.

Pasteur continuó con sus observaciones del proceso de fermentación láctica. Para mediados de 1857 estuvo en capacidad de comunicar a la Sociedad Científica de Lila sus hallazgos y tres meses más tarde a la Academia de Ciencias. Después de eso, renunció a la Facultad de Ciencias y regresó a la Escuela Normal. En diciembre de ese mismo año (1857) leería en la Academia el informe sobre la fermentación alcohólica. Según este, los hallazgos de la fermentación láctica y alcohólica eran complementarios y arrojaban como conclusión que; la descomposición del azúcar en alcohol y en ácido carbónico se produce correlativamente con un fenómeno vital y con una organización de glóbulos. Estos resultados fueron recogidos en los anales de la Academia de 1858. Además descubrió que la fermentación alcohólica produce glicerina y que todos los vinos tienen unos gramos de esa sustancia cuya existencia se desconocía entonces. En todo el trayecto del año 1859 se dedicó a profundizar en los fermentos, las levaduras y los seres microscópicos. Deseaba conocer de dónde provenían esos agentes tan pequeños y a su vez tan poderosos. En una de sus cartas, escribió:

*Prosigo lo mejor que puedo mis estudios sobre las fermentaciones, tan interesantes por su relación con el misterio impenetrable de la vida y de la muerte. Espero que pronto pueda dar un paso decisivo y resolver, sin la menor ambigüedad, el debatido problema de la ge-*

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

*neración espontánea. Podría intervenir ya en el debate, pero quiero proseguir mis experiencias, pues las opiniones son tan apasionadas y oscuras, que necesitaré explicarme con claridad matemática para llegar a imponer mis conclusiones. Tal es mi pretensión. (En Vallery Radot; 1937: 92).*

Biot, su tutor, aconsejó a Pasteur desistir de malgastar el tiempo en el análisis de la generación espontánea. Esta teoría era sostenida por toda una serie de filósofos y sabios, desde Aristóteles hasta los naturalistas. En el siglo XVIII la cuestión pasó al terreno científico y solo la introducción del microscopio comenzaría a invalidar la teoría de la generación espontánea, pero había que explicar de dónde y cómo aparecían en cuarenta y ocho horas los millares de seres que se observaban en una gota de agua o en cualquier otra sustancia expuesta al aire. Es larga de enumerar la lista de investigadores que se dedicaron a estudiar el hecho y muchas las hipótesis que llegaron a formularse. Pese a las recomendaciones de Biot, Pasteur actualizó la discusión sobre la generación espontánea. En los círculos científicos el tema suscitaba grandes polémicas y eso estimulaba su fruición de investigador.

Se planteó como hipótesis de trabajo que, hasta los líquidos más putrescibles permanecerían inalterados si se preservaban del polvo del aire. Eso lo conducía a las siguientes preguntas; ¿qué contiene el aire que provoca la organización de la materia?, ¿son gérmenes?, ¿es un cuerpo sólido?, ¿es un gas?, ¿es un fluido?, ¿es una sustancia parecida al ozono? Todo lo invitaba a experimentar. Después de un año de estudio, llegó a la conclusión de que en el aire no hay, gases, fluidos, electricidad, magnetismo, ozono ni ningún otro elemento conocido o desconocido que puedan producir vida, excepto los gérmenes. Este hallazgo fue recibido con incredulidad por los naturalista Nicolas Joly y Félix Pouchet, defensores acérrimos de la generación espontánea, entablándose en 1860 un verdadero duelo de gigantes. Pasteur tenía a su favor la paciencia y el arte de experimentar, un talento que él no veía en los naturalistas. Como no podía ser de otra manera, la prensa y el público en general se decantaban por la teoría de la generación espontánea mantenida durante tan largo tiempo. En el transcurso de su experimentación, descubrió la fermentación butírica, sin embargo, lo que más llamó su atención fue que los seres microscópicos de esa fermentación no necesitaban del aire para vivir, por el contrario, ese elemento los mataba. Posteriormente le daría el nombre de anaerobios a los seres microscópicos que viven

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

sin aire. Paulatinamente, Pasteur desvelaba algunas de las leyes más recónditas de la naturaleza. “Si los seres microscópicos desaparecieran, los cadáveres y la misma materia orgánica muerta (animal y vegetal), se acumularían en la superficie de la tierra. Los seres microscópicos, principalmente, comunican al oxígeno su propiedad comburente. Sin ellos la vida sería imposible, por cuanto la obra de la muerte no sería completa”. (Vallery Radot: 106). Estudió el fenómeno de la putrefacción o fermentación de las materias animales y comprendió la importancia de los seres microscópicos:

*Es absolutamente necesario que, después de la muerte, la materia de los seres vivos se restituya a la tierra y a la atmósfera, en forma de substancias minerales o gaseosas, como vapor de agua, anhídrido carbónico, amoníaco y nitrógeno: principios simples, que la atmósfera transporta de uno a otro lado y con los cuales la vida plasma nuevamente los elementos de su perpetuidad indefinida. Con los fenómenos de fermentación y de combustión lenta termina de cumplirse la ley natural de la disolución y del retorno al estado gaseoso de todo lo que ha tenido vida. (Vallery Radot: 180).*

En una conferencia en la Sorbona, en 1864, indicó que con ayuda del microscopio había descubierto innumerables seres de formas extrañas, cuyo origen parecía relacionarse estrechamente con la materia muerta, animal o vegetal, en estado de descomposición. Explicó que el polvo que flota en el aire tiene gérmenes de organismos inferiores y que los líquidos preservados de estos gérmenes se conservan indefinidamente sin alterarse. No hay ningún hecho que demuestre la existencia de seres microscópicos que no procedan de gérmenes o de seres semejantes a ellos, con ello daba por cerrada la discusión sobre la generación espontánea. Pasteur desarrollaba varios estudios a la vez, y mientras experimentaba con los gérmenes, también analizaba la fermentación en el vino. La exportación de vinos de Francia a Inglaterra se había visto afectada por las alteraciones que sufría el vino, lo cual acarreaba muchas pérdidas a los comerciantes.

El objetivo de Pasteur era evitar que los gérmenes o vegetales parásitos se desarrollaran en el vino. Pronto descubrió que el fenómeno era producido por un hongo microscópico (*micoderma acetii*) y que la solución estaba en calentar el vino a una temperatura entre cincuenta y sesenta grados (más tarde, el método sería denominado por los austriacos pasteurización). Esto impedía la repro-

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

ducción de los gérmenes, sin evitar que el oxígeno hiciera su trabajo, porque el envejecimiento del vino no proviene de la fermentación, sino de la oxidación lenta, que es favorecida por el calor. En 1865, Pasteur comenzó a trabajar con la enfermedad de las crías de gusanos de seda, que estaba causando grandes estragos en la economía de las regiones del sur de Francia. El distrito de Alais había dejado de percibir ciento veinte millones de francos en quince años por ese hecho. “Con intuición que trasponía los límites de sus estudios de entonces, decía: si se reunieran niños nacidos de padres atacados de tisis pulmonar, crecerían más o menos enfermizos y mostrarían tubérculos pulmonares, signo certero de su mala constitución, en edades y grados muy diversos. Con los gusanos de seda sucede algo análogo”. (Vallery Radot: 131). Descubrió que la infección era responsabilidad de los mismos criadores, pues mezclaban los huevos de las mariposas enfermas con las semillas sanas. La enfermedad se contagiaba cuando los gusanos sanos hincaban sus ganchos a los enfermos y cuando los excrementos de los enfermos contaminaban los alimentos. Pasteur fue considerado el salvador de las dos mayores industrias francesas; el vino y la seda.

Cabe destacar que en la época de Pasteur los dominios de cada una de las ciencias eran protegidos fervorosamente, razón por la cual fue duramente criticada la injerencia del científico en el campo de los zoólogos, con el estudio de los gusanos de seda, o su incursión en el campo de la medicina, por haber emprendido el estudio de las enfermedades contagiosas. En un viejo tratado de terapéutica, de 1855, circulaba lo siguiente: “los químicos creen que basta descubrir las condiciones químicas en que se produce la respiración, la digestión y la acción de los medicamentos, para poder formular con ellas la teoría misma de dichas funciones. Sempiterna ilusión de la que nunca curarán” (Vallery Radot: 269). Sin embargo, Pasteur estaba interesado a encaminar a la medicina, anclada en la descripción de síntomas, hacia la etiología para enfocarla en el estudio de las causas y en la prevención de las enfermedades. En 1873 entró a la Academia de Medicina, en ese momento se discutía animosamente el tema de la septicemia. El interés por esta había crecido con los estragos de la guerra de 1870:

*La septicemia infecciosa hallábbase por doquier. El pus parecía brotar de todas partes como sembrado por los cirujano. Antes de efectuar una amputación, era menester reflexionar diez veces, porque, al decidir la operación, se firmaba a menudo una sentencia de muerte. Ni las indicaciones más precisas, ni las previsiones más racionales;*

**LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA  
Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

*abstención, conservación, mutilación restringida o radical, desbridamiento preventivo o consecutivo, extracción de proyectiles precoz o retardada, curaciones raras o frecuentes, emolientes o excitantes secos o húmedos, con o sin drenaje, nada daba resultado. Numerosos operados morían en el Grand Hotel durante el sitio de París, transformado en hospital de sangre. Quien venciera la infección purulenta merecía una estatua de oro. (Vallery Radot: 282).*

Los trabajos de Pasteur sobre la fermentación le permitieron conectar análogamente la acción de los gérmenes con la de los virus mórbidos, presentes en la gangrena, las pústulas y las erisipelas. Reconoció la conexión entre estas enfermedades y los organismos microscópicos. La oscuridad acerca de las enfermedades contagiosas y endémicas sería aclarada y, a partir de una extensa jornada de experimentación con la enfermedad denominada carbunclo y con el cólera de las gallinas, produciría la vacuna salvadora.

En sus investigaciones iniciales, Pasteur realizó extensas y meticulosas indagaciones de cristalográfia experimental que le sirvieron para conocer las relaciones especialísimas y hasta entonces desconocidas existentes entre el poder rotatorio molecular (propiedad óptica medible) y ciertas características de los cristales, es decir, entre la estructura interna de los cuerpos y las particularidades externas de su forma cristalina. Sus conclusiones fueron verificadas a través de extensas pruebas experimentales, es decir, encadenó la inducción lógica y la observación a través de pruebas de observación e inferencias.

Descubrió las leyes de un método doble de investigación, el cual empleó para descubrir el fenómeno inesperado de que ciertos cuerpos químicamente idénticos, son, no obstante, diferentes, porque el carácter óptico y cristalográfico de unos y otros muestra ordenaciones moleculares simétricamente inversas. A través de una inducción enteramente racional, infirió que, cuando esos cuerpos intervinieran en cualquier transformación se podría distinguir dos clases de fenómenos: unos puramente químicos, dependientes de la naturaleza de las moléculas y, por lo tanto, iguales en ambos casos; y otros puramente mecánicos, dependientes de la ordenación de las moléculas y, por lo tanto, opuestos entre sí. Se sirvió del mismo método inductivo para determinar con qué sustancias debían combinarse esos cuerpos singulares para que subsistieran, en los productos, la identidad química, la oposición de la ordenación molecular y las particu-

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

laridades ópticas y geométricas características, o se produjera la transformación completa de todas las propiedades a la vez, con modificación simultánea de la composición química y de la estructura interna.

Pasteur es un innovador cuya imaginación creadora, regulada por la observación y experimentación rigurosa, hizo posible desvelar muchos errores de la ciencia y reemplazarlos por hechos científicos nuevos. Los descubrimientos de los fermentos, de la generación de los seres microscópicos, de los microbios causantes de las enfermedades contagiosas y de la vacunación contra estas mismas, condujeron al progreso paulatino de la química biológica, de la medicina y del arte veterinario, y a la revolución radical de estas ciencias. De esta manera, la contribución de Pasteur a la ciencia fue mucho más allá del campo de la química, su disciplina originaria. Mediante su infatigable trabajo logró rebatir una de las teorías sostenidas desde la antigüedad; la generación espontánea. Se enfocó en demostrar el origen de las enfermedades infecciosas. Acuñó los conceptos de microbio, de contagio y de atenuación de los agentes infecciosos, con ello desveló el mundo de la microbiología, por una parte y, por la otra, hizo posible el desarrollo de vacunas para prevenir enfermedades. Aportó un método de su autoría, denominado por los austriacos pasteurización. El trabajo científico de Pasteur fue vasto e hizo posible el advenimiento de una nueva era:

Eran tantas las tinieblas que envolvían los fenómenos de la fermentación y del contagio antes que él se dedicara a estudiarlos. Uno a uno había desc corrido los velos y, después de dilucidar el papel primordial de los seres microscópicos, había conseguido aislar algunos gérmenes vivos causantes de enfermedades, y los había transformado, de agentes destructores, en agentes preservadores. Con sus descubrimientos había revolucionado no sólo la medicina y la cirugía, sino la higiene, ciencia descuidada e incomprendida antaño, que en lo sucesivo se basaría en el método experimental. Las medidas higiénicas preventivas se aplicaron desde entonces conscientemente.

Los hallazgos de Louis Pasteur han tenido repercusiones en la medicina, la economía; en lo científico y en lo social. Sus aportes a la ciencia han permitido mejorar el bienestar de la humanidad en general. Como consecuencia directa de sus estudios sobre disimetría nació, veinte años después, una nueva ciencia llamada estereoquímica o la química en el espacio. Pasteur puso de manifiesto la importancia de la interrelación entre diversas disciplinas, sus trabajos sobre

**LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA  
Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

disimetría molecular se apoyaban en nociones de la cristalografía de la química y de la física.

Pasteur estaba convencido de que en los seres humanos preexisten las facultades necesarias para los descubrimientos científicos. También otorgaba un lugar privilegiado a la teoría, pues, mientras la práctica era solo una rutina adquirida por hábitos, la teoría despertaba el espíritu de invención. En el campo de la observación, para él, no había casualidades, porque están solo favorecen a quienes están preparados para ver lo que otros no alcanzan a hacerlo. Pasteur era un trabajador meticuloso y organizado, guardaba cuidadosamente cada uno de los resúmenes de sus clases dictadas en la Facultad de Ciencias de Lila, y no daba a conocer los resultados de sus investigaciones hasta tanto no tuviera pruebas contundentes que los avalaran. De acuerdo con su lema, en las ciencias experimentales es necesario dudar hasta que los hechos impongan una afirmación. A partir del trabajo científico de Pasteur, como de muchos otros, se puede extraer importantes lecciones, especialmente para todos los interesados en adentrarse en la investigación científica. Se destaca la necesidad de poseer aptitudes para un trabajo, que es exigente y que requiere tanto de habilidades como de tiempo. Sus investigaciones llevaron años y dejaron claro que la investigación no es un proceso lineal, sino que implica avances y retrocesos. Cada nuevo hallazgo requiere de la afinación de las técnicas, de los métodos e, incluso, de las elucubraciones hasta dar con resultados irrefutables. Pasteur también demostró la importancia de la información y de la preparación antes de acometer un trabajo de investigación, como ocurrió con sus indagaciones sobre los gusanos de seda, de los cuales no sabía absolutamente nada y se vio obligado a buscar información y a efectuar muchas lecturas antes de comenzar a experimentar. Sin lugar a dudas, se aprende a investigar y con la práctica se van desarrollando las habilidades necesarias para hacer cada vez menos abrumador el trabajo. Pasteur, como casi todos los investigadores, fue un gran escritor, lo que influyó positivamente en la claridad para comunicar sus hallazgos. Es preciso recordar que los investigadores tienen una faceta de comunicadores, pues son socializadores del conocimiento y para ello la capacidad de redacción es un recurso de gran utilidad. Los siguientes son algunos de sus consejos de Pasteur para sus colaboradores:

1. Nunca hagas ninguna afirmación que no pueda ser probada clara y decisivamente. Agota el examen de todas las hipótesis contrarias.

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

2. Cultiva el espíritu crítico, porque aunque no produzca ideas ni estimule iniciativas, es el que decide en última instancia.
3. Haz que la ciencia obedezca la ley humanitaria y se esfuerce por prolongar la vida.

En 1889, al sesionar en París el Congreso Internacional de Higiene, M. Brouardel dijo: “Si nuestros antepasados hubieran asistido a la sesión de hoy, habrían comprendido que la revolución más formidable que ha conmovido hasta los cimientos a la ciencia médica en los últimos treinta siglos, es obra de un hombre ajeno a la medicina... Todos nosotros nos proclamamos discípulos de Pasteur” (En Vallery Radot; 1937: 517).



CAPÍTULO VII

## MARIE CURIE, LA DAMA DE LAS RADIACIONES



[www.mawil.us](http://www.mawil.us)



## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

La obra de Marya Salomea Skłodowska, mejor conocida como Marie Curie, es una de las historias más fascinantes de perseverancia, tenacidad e indagación, en el campo de la investigación, por parte de una mujer. La vida de esta eminente científica, nacida en Varsovia en 1867, y quien recibiría posteriormente la nacionalización francesa, transcurrió dentro de un agitado período de profundas transformaciones sociales, políticas, científicas y tecnológicas. Las ideas de Darwin, los planteamientos teóricos de Marx, junto con la filosofía positiva de Auguste Comte, generaban, en ese entonces, un auténtico entusiasmo y devoción por la ciencia. Con el descubrimiento de los primeros pozos petrolíferos, de la electricidad, del telégrafo y del teléfono la vida cambiaba substancialmente y la ciencia, como responsable de muchos de estos cambios, obtenía un gran prestigio.

Entre finales del siglo XIX e inicios del XX, el progreso de la humanidad se confió a la ciencia porque los conocimientos obtenidos a través de esta, su aprovechamiento utilitario y el adelanto de la técnica hicieron posible el desarrollo industrial y económico de países como Francia, Inglaterra, Japón, Alemania, Estados Unidos, entre otros. No obstante, paralelamente a los beneficios derivados del conocimiento técnico y científico, en el siglo XX, ciertos acontecimientos, como la primera y la segunda guerra mundial, la revolución rusa, la gran depresión de 1920, comenzarían a desvelar también el lado oscuro de los nuevos descubrimientos.

A los veinticuatro años de edad, en 1891, Marie Curie se traslada a París para estudiar física, química y matemática en la Sorbona, pues, para la época, solo los egresados de esta universidad y de la Escuela Politécnica gozaban de credibilidad científica en Francia. La comunidad de investigadores era bastante conservadora en ese país, incluso se negaban a aceptar la teoría de la evolución, es decir, la propuesta más relevante del siglo XIX. Hacia 1894, Marie Curie conocería al físico Pierre Curie, con quien contraería nupcias y compartiría su trabajo de investigación. Tras licenciarse en física y en química y para los fines de su tesis doctoral, Marie Curie se interesó por los hallazgos de Henri Becquerel:

*Tras el descubrimiento de los rayos X por Roentgen, Poincaré tuvo la idea de investigar si rayos semejantes a los rayos X no estaban emitidos por los cuerpos “fluorescentes” bajo la acción de la luz. Atraído por el mismo problema, Becquerel examinó las sales de un “metal*

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

*raro": el uranio. Pero, en vez de hallar el fenómeno previsto, observó otro, completamente distinto, incomprendible: las sales de uranio emitían espontáneamente sin acción previa de luz, rayos de naturaleza desconocida. Becquerel se aseguró de que estas propiedades no dependían de una insolación preliminar y que persistían cuando el compuesto de uranio era mantenido largo tiempo en la obscuridad. Descubrió el fenómeno al cual María Curie daría más tarde el nombre de radiactividad. Pero el origen de esta radiación era un enigma (Curie; 1986:152).*

Becquerel había descubierto, en 1896, un fenómeno físico producido espontáneamente en los núcleos de los átomos, mediante el cual se emitía una gran cantidad de energía en forma de radiaciones ionizantes. Para este fenómeno, Marie Curie acuñaría el término radiactividad o radioactividad. De esta manera, emergía uno de los más importantes descubrimientos de la ciencia moderna que llevaría a Henri Becquerel, a Pierre y a Marie Curie a recibir, en 1903, el Premio Nobel de Física por el descubrimiento de la radioactividad. Más tarde, en 1911, Marie recibiría, en solitario, el Premio Nobel de Química por el descubrimiento del radio y del polonio. Se convierte así Marie en la primera mujer en recibir un Nobel y la primera persona en recibir dos de estos premios.

Ya para el momento del descubrimiento del radio, los Curie tenían una larga data de producción científica y técnica. Esta última incluía la invención de una serie de aparatos diseñados y patentados por Pierre Curie y su hermano mayor Jacques, como la balanza aperiódica de precisión y el cuarzo piezoelectrónico. Estos instrumentos y el método electrométrico, también elaborado por el matrimonio Curie, habían permitido descubrir el torio y ciertos compuestos de uranio como la pechblenda, capaces de emitir la radiación de Becquerel. La relevancia del descubrimiento del radio se acentúa cuando se consideran las condiciones precarias en las que se realizaron las investigaciones, pues el laboratorio de los Curie estaba escasamente dotado y la pareja no disponía de los suficientes medios materiales ni de la colaboración suficiente para llevar a cabo sus investigaciones. Aunque Pierre Curie era un reconocido investigador no poseía un laboratorio propio. Ni siquiera la escuela de Física y Química, donde impartía clases Pierre Curie, tenía laboratorio. En un pequeño local, cedido por el director de la escuela, realizaban las investigaciones. Más tarde llegarían a utilizar un hangar con patio trasero en condiciones también precarias. A través de los cuadernos de

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

Pierre y Marie se pueden rastrear las fases de la investigación que dieron lugar al descubrimiento del radio. En estos cuadernos, escritos entre finales de 1897 y mediados de 1900, se encuentran descripciones detalladas de los tratamientos químicos y de los productos obtenidos.

El 16 de diciembre de 1897, Marie inició sus investigaciones sobre la radiación del uranio. En 1898 dieron a conocer los hallazgos del polonio, llamado así en honor al país de Marie, y después el del radio. Aun antes de que el nuevo elemento, el radio, hubiese formado parte de la convicción de la comunidad científica, hubiese sido aislado y calculado su peso atómico, comenzaron los trabajos de extracción de este elemento. Los hallazgos de Marie Curie dieron origen a una nueva ciencia, la química molecular, y a un medio idóneo para luchar contra el cáncer, la radioterapia.

Durante la Primera Guerra Mundial, Marie Curie trabajó en una flotilla de ambulancias con rayos X. Su preocupación por la función social de la ciencia la obligó a involucrarse políticamente a través del Comité para la Cooperación Intelectual de la Liga de Naciones. Dentro de los logros de la científica se encuentra la inauguración del Instituto del radio, en 1912, por iniciativa conjunta del Instituto Pasteur y de la Universidad de París.

En su biografía sobre Pierre Curie, Marie (2011) escribe: “Nuestra sociedad, en la que reina un áspero deseo de lujo y de riquezas, no comprende el valor de la ciencia, ni que esta forma parte de su patrimonio espiritual más precioso, ni que es la base de todos los progresos que facilitan la vida y aligeran el sufrimiento” (p. 23).

Marie Curie murió el cuatro de julio de 1934 debido a una leucemia aguda derivada del largo contacto con materiales radiactivos.

El descubrimiento del radio y el análisis de sus propiedades, a objeto de su producción y uso, constituyeron el desafío neurálgico de los Curie. Su investigación estaba relacionada con los hallazgos de los físicos Henri Becquerel sobre las fluorescencias y de Wilhelm Röntgen sobre los rayos X. El trabajo de Marie Curie no solo contribuyó a dar nombre al fenómeno descubierto por Becquerel, sino a la comprensión del fenómeno de la radiación. Para alcanzar este objetivo, Marie Curie desarrolló sus propias técnicas, con la ayuda del electrómetro logró

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

descartar la hipótesis de la indivisibilidad del átomo. En 1897, a partir del estudio de los rayos de uranio de Becquerel, Marie Curie se plantea un problema: aunque el fenómeno de la radiación solo ha sido observado con el uranio, no hay pruebas de que el uranio sea el único elemento químico capaz de provocarlo. ¿Poseen otros elementos el mismo poder?, ¿los rayos de uranio han sido descubiertos por azar? Esos interrogantes llevaron a Marie a sistematizar sus investigaciones y a analizar todos los cuerpos químicos conocidos.

Después de un largo proceso de trabajo, de observación y de anotaciones, comenzaron a aparecer los resultados. El torio también emitía rayos espontáneos semejantes a los del uranio y los cuerpos con esa capacidad de emitir “radiación”, se denominaron radioelementos. Con el mismo método, Marie continuó estudiando las materias más diversas y, en el curso de la medición de los minerales activos, encuentra una radiactividad excepcionalmente más fuerte de la prevista de acuerdo con la cantidad de uranio y torio contenidas en la muestra que manipulaba. ¿De dónde procede esta radiactividad excesiva, anormal?, se preguntaba y solo cabía una explicación: los minerales debían contener una substancia mucho más fuertemente radiactiva que el uranio y el torio. Sin embargo, ¿qué sustancia sería?, puesto que en sus experimentos anteriores María había examinado ya todos los elementos químicos conocidos:

*Algunos minerales contienen uranio y torio (pechblen, chalcolita, uranita); son muy activos desde el punto de vista de la emisión de rayos de Becquerel. En un trabajo anterior uno de nosotros ha demostrado que su actividad es incluso mayor que la del uranio y la del torio y ha emitido la opinión de que este efecto era debido a alguna otra substancia muy activa oculta en pequeña cantidad en esos minerales. (Curie; 2011:56).*

Así entonces, de los hallazgos de Marie Curie se desprenden nuevas hipótesis: la radiación era una propiedad del átomo que no era exclusiva de los átomos de uranio; la radiación no era el resultado de la interacción de las moléculas, sino que surgía del propio átomo. La intensidad de la radiación es proporcional a la cantidad de materia utilizada y la radiación puede ser medida con precisión. Además, la radiación no está influida por el estado o combinación química del uranio ni por las condiciones exteriores, temperatura, iluminación, entre otras. Sin embargo, la hipótesis fundamental, que se plantea Marie y que cambiaría

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

el curso de la ciencia y de la historia es la siguiente: los minerales ocultan una materia radioactiva, un elemento químico desconocido hasta esa fecha. Sin embargo, la hipótesis debe ser verificada, Marie debe conseguir la materia, aislarla. En esta tarea, de ocho largos años, se le une Pierre Curie. Ambos buscan la enigmática materia en la plechbenda, un mineral de uranio. A través de procedimientos ordinarios de análisis separan todos los cuerpos de que está constituida la plechbenda, miden la radiactividad de cada uno de los elementos separados. Sin embargo, no sería uno, sino dos, los elementos aislados.

*Por eliminaciones sucesivas, van viendo poco a poco la radiactividad “anormal” refugiarse en ciertas porciones del mineral. Cuanto más progresas su trabajo, más restringen el campo de la investigación. Es la misma técnica que emplea la policía cuando registra una por una las casas de un barrio para despistar y detener a un malhechor. Pero acá no hay un malhechor: la radiactividad se concentra principalmente en dos fracciones químicas de la pechblenda. Para los Curie es el signo de la existencia de dos cuerpos nuevos distintos. Desde julio de 1898 están en condiciones de poder anunciar el descubrimiento de una de estas dos substancias. (Curie; 1986:159).*

Al primero de los elementos hallados se le dio el nombre de polonio, en homenaje al país de nacimiento de Marie. Y el segundo elemento, de enorme radiactividad sería denominado radio. La radiación de este último elemento es dos millones de veces más fuerte que la del uranio, produce un cuerpo gaseoso, el helio, y desprende espontáneamente calor. Aunque la luminosidad del radio solo puede ser observada en la oscuridad, este elemento “impresiona las placas fotográficas a través del papel negro, convierte la atmósfera en conductora de electricidad y descarga así, a distancia, electroscopios, colorea en malva y en violeta los recipientes de vidrio que tienen el honor de albergarlo; roe, y, poco a poco, reduce a polvo, el papel y el algodón en rama de que se le cubre” (Curie; 1986:193).

Los descubrimientos de Marie Curie, relacionados con las particularidades del polonio y del radio, derrumban las teorías científicas fundamentales, de la física, sostenidas durante siglos, pues contradicen las ideas existentes acerca de la composición de la materia. Con respecto a la química, surge el reto de establecer el peso atómico del radio:

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

*Por definición, un químico no cree nunca en la existencia de un cuerpo nuevo hasta que ha visto ese cuerpo, hasta que lo ha tocado, pesado, examinado, confrontado con ácidos, metido en un tarro, y cuando ha determinado, en definitiva, su “peso atómico”. Pero hasta el momento nadie ha visto el radio. Nadie conoce el peso atómico del radio. Y los químicos, fieles a su principio, sacan esta conclusión: Si no hay peso atómico, no hay radio. Muéstrenos el radio y entonces les creeremos. (Curie; 1986:164).*

El desafío de establecer el peso atómico del radio, que es de 225, implicaba obtener polonio y radio puros, pero aunque Marie conoce el procedimiento para aislar los dos nuevos elementos, la separación no puede realizarse sin utilizar grandes cantidades de materia prima. La participación de la industria era decisiva para poder concentrar los radioelementos y estudiar sus propiedades; sin embargo, se necesitaba conocer el comportamiento físico químico de los radioelementos para poder diseñar los protocolos industriales de extracción. Esta necesidad mutua, entre la industria y los investigadores, para avanzar en el descubrimiento, llevó a los Curie a renunciar a patentar el descubrimiento del radio y a publicar sin reservas tanto los resultados de las investigaciones como el procedimiento para preparar el radio. Esto permitió el libre desarrollo de la industria del radio en Francia y en el resto del mundo, además permitió suministrarles a los científicos y médicos lo que necesitaban:

*La pechblenda, en la que se esconde el polonio y el radio, es un mineral precioso que se extrae de las minas de Saint Joachimstal, en Bohemia, para retirar las sales de uranio que se utilizan en la industria del vidrio. ¡Cuestan muy caras las toneladas de pechblenda! El ingenio suplirá la fortuna. Según las previsiones de los Curie, la extracción del uranio deberá dejar intactas, en el mineral, las huellas del polonio y del radio que contiene aquél. Nada se opone, pues, a que se encuentren en los residuos. Si la pechblenda en bruto es muy cara, sus residuos, después del tratamiento, no tienen más que un valor mínimo. Si se pidiese a un colega austriaco una recomendación para los directores de la mina de Saint Joachimstal, ¿no sería posible obtener a precios factibles una cantidad importante de esos residuos? La cosa es demasiado fácil. Hay que meditar sobre ello. Es más, se debe añadir a la compra de la materia prima su transporte a París. (Curie; 1986:166).*

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

Entre 1899 y 1900 varias publicaciones de los Curie, relacionadas con la radioactividad, aceleran el desarrollo de la química nuclear. Se hace imprescindible el empleo de colaboradores, pues si bien los Curie son físicos, fundamentalmente, sus hallazgos irradian hacia los dominios de la química, lo cual requiere un rigurosa atención. Cabe destacar que, los hallazgos de los Curie no encajan exactamente dentro de los dominios de la física o de la química. Con paciencia, pasión y perseverancia, Marie Curie va a ir superando cada uno de los obstáculos que encuentra en su trabajo.

Si bien la investigación científica dependen de unas circunstancias históricas, sociales, políticas, culturales e ideológicas concretas, Marie Curie debió hacer elecciones difíciles para afrontar muchas de estas circunstancias sociohistóricas que le eran adversas.

Así, para proyectarse en el ámbito científico y satisfacer su innata aptitud de investigadora, Marie decidió radicarse en Francia donde pudo completar su carrera universitaria, pero esto supuso aislarla de su familia y de su entorno íntimo. Asimismo, con su elección de la física y de la química desmontó las creencias erróneas acerca de las capacidades científicas de las mujeres y de sus escasas posibilidades en el campo de las ciencias exactas.

Aunque el trabajo científico de Marie Curie parte de la física, sus descubrimientos pusieron en evidencia la interrelación entre diversos campos disciplinares. sus trabajos se extienden por los campos de la física, la química e incluso la biología. Estos hallazgos se insertan dentro del dominio de las denominadas ciencias exactas, por lo que la investigación enfatiza el proceso de experimentación. Un trabajo que exigía, a decir de una entonces joven Marie, mucha paciencia: “Aunque me he dado cuenta de que el progreso en estas materias, física y química, no es rápido ni fácil, en el transcurso de estos primeros ensayos se ha desarrollado mi gusto por la investigación experimental” (En: García, 2007: 16). La investigación experimental requiere de laboratorios, dotados con las herramientas, instrumentos de precisión, reactivos, materiales e insumos necesarios, todo lo cual implica costos. Adicionalmente, los instrumentos de precisión deben ser preservados de la humedad y de los cambios de temperatura.

En la investigación experimental, la medición es uno de los asuntos fundamentales, de allí la importancia tanto de los instrumentos utilizados como del

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

método empleado. Marie Curie utilizó el electrómetro y el cuarzo piezoelectrico inventados por Pierre y Jacques Curie. Los procesos de investigación realizados por Marie ponen en entredicho muchos de los procedimientos enseñados y difundidos acerca de cómo producir y distribuir el conocimiento adquirido, porque en no pocos casos, las investigaciones que dan lugar a descubrimientos trascendentales no están ajustadas a los estereotipos académicos de la investigación científica. De la experiencia de Marie Curie se puede destacar lo siguiente:

1. El científico es investigador, escritor y socializador del conocimiento. Esto tiene diversas implicaciones, entre las cuales se encuentra la necesidad de formarse previamente tanto para obtener el conocimiento como para expresarlo en modelos, teorías o leyes. En las ciencias denominadas exactas, la formulación de modelos exige el conocimiento de la matemática, que proporciona el lenguaje por excelencia para modelizar. Marie Curie cursó física, matemática y química en la universidad de la Sorbona de París. Con esto se desea destacar que la investigación científica es un proceso de aprendizaje tanto teórico como práctico. Las habilidades necesarias para trabajar en la investigación científica se desarrollan con la práctica.
2. Con relación a la investigación científica nada es definitivo y no todo está dicho. Investigar es un proceso de indagación y descubrimiento permanentes sujeto a eventos contingentes que el investigador debe afrontar adecuadamente. La ambición de obtener conocimientos para comprender la realidad es un aliciente para superar los obstáculos de la investigación.
3. Toda investigación científica, especialmente la investigación experimental, exige tiempo para la observación de los fenómenos objetos de estudio. La experimentación es un arduo proceso de observación, anotaciones y registros para comprobar o para rechazar las hipótesis investigativas. Cuando el orden y la disciplina orientan el proceso de investigación es posible reducir el riesgo de errores, los accidentes y los eventos contingentes.
4. La investigación científica está sujeta a exigencias lógicas y metodológicas. En la investigación experimental la organización, la sistematización, los protocolos y los registros cuentan. Como se recordará, Marie dudaba de si la alta radiación que observaba en las muestras tratadas no sería producto de errores de mediciones anteriores. La investigación debe planificarse; esto marca la dife-

**LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA  
Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

rencia entre el fracaso y el trabajo bien hecho.

5. Los descubrimientos de Marie Curie desvelaron la necesidad de superar las rígidas fronteras disciplinarias, pues sus hallazgos se extendían a través de tres grandes campos de conocimiento; física, química, y la matemática para cuantificar y presentar los hallazgos. Por otra parte, sus hallazgos demostraron que el conocimiento obtenido mediante la ciencia nunca es definitivo, al echar por tierra algunos de los principios de la teoría atómica.

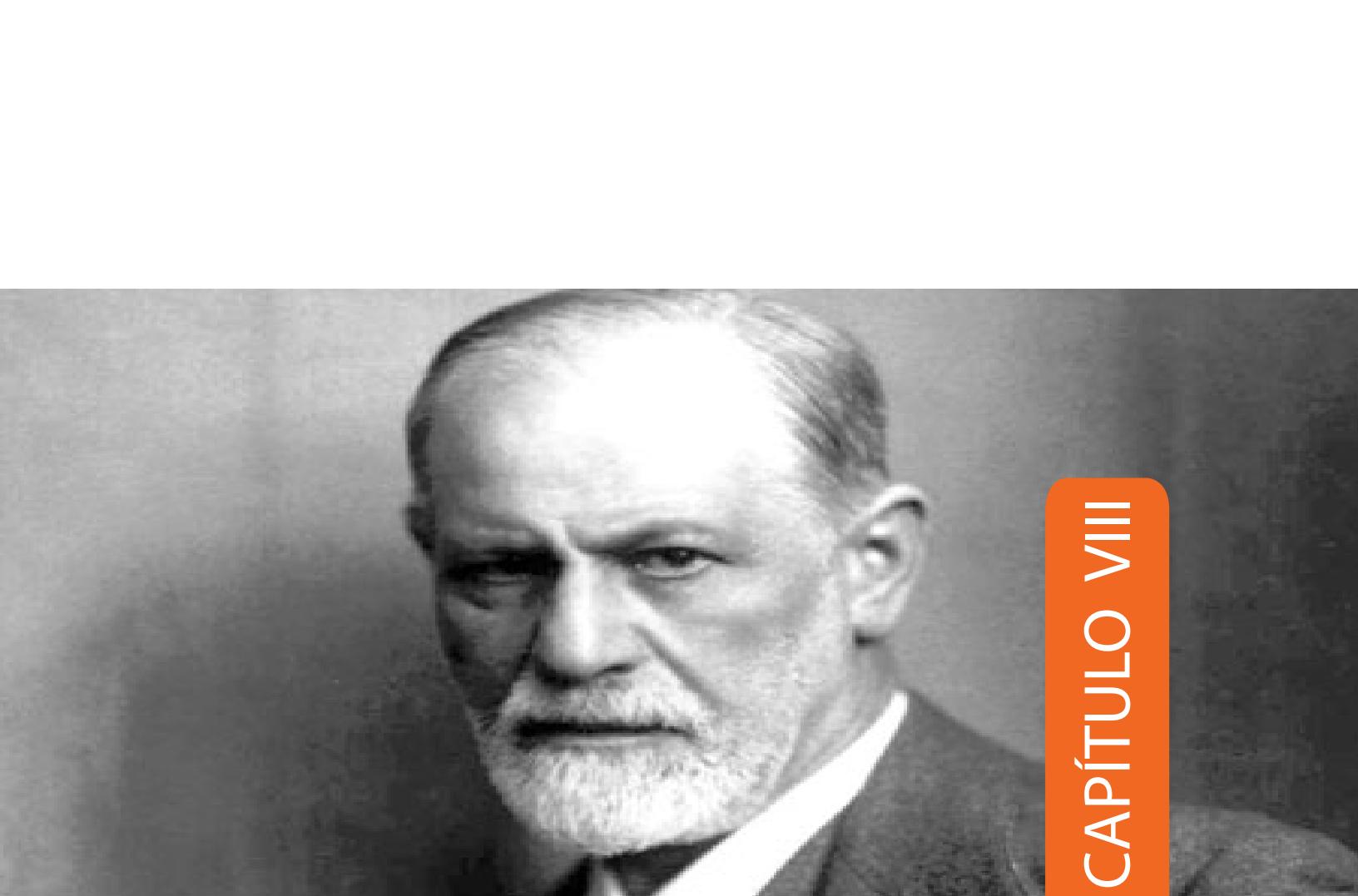
6. Aun en las denominadas ciencias exactas, los descubrimientos del científico tienen profundas implicancias humanas. Los temas de investigación seleccionados tienen aristas afectivas. En el caso de Marie Curie, el padre, el primo eran físicos, su esposo y el cuñado tenían la misma profesión y, de alguna manera, Marie enlazó sus necesidades de elaborar una tesis con las investigaciones que ya realizaba su pareja y relacionados. Por otra parte, los descubrimientos pueden conducir a fines utilitarios o prácticos y con ello proporcionar bienestar o mejores condiciones de vida a la humanidad, sin embargo, también pueden ser usados estos descubrimientos para destruir. En el ejemplo de Marie Curie, sus hallazgos permitirían, más tarde, la invención de la bomba atómica. Esta destruiría las ciudades de Hiroshima y Nagasaki, en 1945, durante la Segunda Guerra Mundial.

7. Obtener resultados relevantes en la investigación científica implica conjugar el esfuerzo de múltiples instancias, a objeto de tener disponible los recursos, centros, laboratorios, insumos, herramientas imprescindibles en el trabajo científico.

Sin lugar a dudas, la vida de Marie Curie es ejemplarizante y fascinante. Es la demostración de la capacidad humana de sobreponerse a una gran cantidad de obstáculos para alcanzar la vocación y los deseos. Estudió en la Sorbona con limitaciones en cuanto al lenguaje y al número de años de escolaridad necesaria para seguir los cursos de física, química y matemática. Sin embargo, resultó ser la mejor estudiante de ciencias físicas de su generación, la primera mujer en matricularse en física en una Universidad, la primera mujer en obtener un Premio Nobel, la primera persona en obtener dos Premios Nobeles, la primera mujer en alcanzar un puesto de profesora en la Universidad de la Sorbona en París.

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

La obra de Marie Curie hace posible la aproximación a las relaciones de género, a la revolución producida por el importante hallazgo científico de la radioactividad y al valor social de la ciencia a inicios del siglo XX. La científica no solo debió vencer los obstáculos relacionados con los recursos necesarios para llevar a cabo las investigaciones, también tuvo que crear sus propios métodos y técnicas de trabajo. Además tuvo que vencer los prejuicios de género, que le impedían a las mujeres acceder a estudios universitarios en su Polonia natal, o los mismos prejuicios en Francia y el resto del mundo, que veían a la mujer como incapaz de llevar a cabo investigaciones originales o de la envergadura de las acometidas por Marie. Marie Curie o incapaces de presidir la Academia de Ciencias. Por otra parte, sus hallazgos implicaban una no menos crítica conexión política y ética, pues sus hallazgos conducirían al descubrimiento de la energía nuclear en el siglo XX y al enfrentamiento por su uso, liberación y control.



CAPÍTULO VIII

## SIGMUND FREUD, EL DESCUBRIMIENTO DEL INCONSCIENTE Y LOS APUROS DEL YO



[www.mawil.us](http://www.mawil.us)



## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

Possiblemente pensando alguna vez en su niñez, aquel que fuera considerado el Padre del Psicoanálisis, habría podido advertir que había recibido dos mensajes contradictorios acerca de la vida en sus tempranos años de escolar. Por un lado, su madre le colmaba de cariño, elogios, expectativas de aclamación y de tiernos reconocimientos a sus logros. Por el otro, el odioso antisemitismo que sufría en carne propia por el trato de maestros, compañeros de estudio e incluso la gente en la calle, le enrostraban todas las ofensas y desprecios posibles, por el solo hecho de existir. Cómo incidió ese “doble vínculo” con la realidad de su entorno en la génesis de su descubrimiento más radical, el inconsciente, es difícil de precisar. Lo que sí puede afirmarse es que el nuevo continente de conocimiento de la especie humana que fundaría aquel conquistador de las extrañas tierras de la psique, constituiría una tierra completamente nueva, en la cual sentaría un dominio que confirmaría todas las cariñosas esperanzas maternales, compensaría todas las humillaciones y significaría un destino que al final, después de tantos extravíos, le ofrecería la certeza anhelada.

Sigmund Salomon Freud, como es harto sabido, es considerado el padre del psicoanálisis. Nació en Moravia, actualmente República Checa, en 1856. Era uno de los seis hijos de una familia judía. Su padre fue Jakob Freud, comerciante de lana, y su madre Amalia Nathanshon. La familia depositó en él sus más elevadas aspiraciones y su madre le demostraba una gran veneración. “El hombre que haya sido el indiscutible preferido de su madre, mantiene ante la vida la actitud de un conquistador, aquella confianza en el triunfo que lleva con frecuencia al triunfo real” (En Jones; 1981: 30).

Cuando Freud tenía tres años de edad, su familia se radicó en Viena. En el núcleo familiar aprendió la manera de conducirse en la vida; con entereza, rectitud y rigor. Freud poseía una extraordinaria memoria visual, era muy estudioso y trabajador, fue un ávido lector, con una fuerte inclinación hacia la literatura inglesa, tenía una gran capacidad para los idiomas, conocía el latín y el griego y dominaba el inglés, el alemán y el francés, aprendió por su cuenta el italiano y el español. Esto le permitió desempeñarse como traductor durante su época de estudiante. Entre otras obras de carácter científico, tradujo al alemán cinco voluminosos libros de Stuart Mill, relacionados con diversos problemas sociales. Sentía aversión por la música y sus plenas facultades se revelaron en su mediana edad. Tenía treinta y seis años cuando inició la actividad que lo llevaría a la fama y el reconocimiento más allá de la muerte.

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

Freud padeció durante su escolaridad y educación universitaria, los maltratos propios del antisemitismo que impregnaba el ambiente en la bella Viena. En su época, lo propio para un judío era elegir entre alguno de los siguientes oficios: industria, comercio, derecho o medicina. A Freud no le atraía la medicina, sino más bien el derecho y el estudio de lo humano por encima de los objetos de la naturaleza. Sin embargo, las teorías de Darwin, que se encontraban en auge para ese entonces, con su posibilidad de comprender el mundo, lo llevaron a decidirse por la medicina. Más tarde llegaría a afirmar; “después de cuarenta y un años de actividad médica, mi autoconocimiento me dice que yo no he sido nunca un médico en el verdadero sentido de la palabra. Me he hecho médico al verme obligado a desviarme de mi propósito original, y el éxito de mi vida consiste en el hecho de que, luego de una larga jornada, que representó un rodeo, he vuelto a encontrar el camino que me recondujo a mi senda primera. (En Jones; 1981: 52). Ingresó a la Universidad de Viena a los diecisiete años (1873) y se graduó como médico en 1881. Su incontenible necesidad de descifrar los grandes enigmas del mundo lo condujeron a experimentar con la medicina, la zoología, la química hasta establecerse en la fisiología, que en aquellos tiempos no superaba los estrechos límites de la histología:

*En esa época yo ya había aprobado todos mis exámenes médicos, pero no demostré interés en hacer nada relacionado con la medicina hasta el día en que el maestro, a quien profundamente respetaba, me hizo la advertencia de que en vista de mis reducidas posibilidades materiales no me sería posible de ningún modo dedicarme a una carrera puramente teórica. Así fue como pasé de la histología del sistema nervioso a la neuropatología, y más tarde, bajo la incitación de nuevas influencias llegué a ocuparme de la neurosis. (En Jones; 1981: 52).*

Antes de llegar al psicoanálisis probó con la filosofía, la neurología, los trastornos del lenguaje y la psicopatología. Después de todas estas exploraciones, al fin llegó a una extraña Tierra Prometida, un lugar secreto, escondido, aunque se hiciera notar siempre con violentas irrupciones en la vida conocida y cercana: el inconsciente.

Con su descubrimiento del inconsciente, Freud proporcionó, en el siglo XX, una nueva manera de concebir al hombre y al mundo. Su vida adulta estuvo dedicada a la investigación científica, se enfocó concretamente en el análisis y es-

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

tudio de los procesos mentales. Lo más importante para él eran sus ideas. Hacia 1889, tuvo la impresión de la existencia de procesos mentales de una naturaleza muy poderosa, que estaban ocultos a la conciencia del hombre.

A partir de 1990 rápidamente se sucedieron los adelantos en la comprensión de esos fenómenos. En 1923 fue diagnosticado de cáncer de mandíbula, le practicaron treinta y tres cirugías, vivió a lo largo de diecisésis años aquejado de muchos dolores. Utilizaba una prótesis horrorosa que le desfiguraba el rostro y le producía muchos dolores. En estos difíciles momentos, ninguna filosofía ni credo religioso le aportaba ayuda en su sufrimiento, pues no era creyente. Solía decir; “así son las cosas: la vida es un asunto feo, irracional y humillante; nada puede paliar este juicio” (En Jones; 1981: 10). En 1938 abandonó Viena, debido a la anexión de Austria a la Alemania Nazi, y se refugió en Londres, donde fallecería en 1939 por los estragos del cáncer de mandíbula.

Freud nunca se sintió satisfecho con su dotación intelectual. “Yo no soy en realidad un científico, observador, experimentador, ni pensador. No soy más que un conquistador por temperamento, un aventurero, si se quiere traducir el término, con la curiosidad, la intrepidez y la tenacidad inherentes a este tipo de seres” (En Jones; 1981: 11).

Durante sus estudios universitarios trabajó como *famulus* (estudiante investigador) en fisiología. En esa época se discutía sobre las diferencias de la psique y del sistema nervioso de los animales inferiores y superiores. “¿Difiere la psique humana de la de un molusco, de una manera fundamental, o simplemente en forma proporcional al número de células nerviosas en uno y otro, y al respectivo grado de complicación de las fibras? Los hombres de ciencias buscaban las respuestas a estos interrogantes con la esperanza de llegar a conclusiones definitivas”. (En Jones; 1981: 68). Esta dicotomía entre animales inferiores y superiores fue cerrada por Freud, al descubrir que había una continuidad entre las células nerviosas de ambas categorías animales, por lo tanto la distinción entre unos y otros no podía mantenerse. Sus hallazgos fueron publicados en 1878 en el Boletín de la Academia de la Ciencia. Con sus investigaciones, circunscritas en principio al aspecto anatómico, tenía la esperanza de esclarecer los misterios de la función nerviosa. Poco a poco sus observaciones condujeron a la hipótesis de la unidad de células y procesos nerviosos, que llegaría a constituir el eje central de la futura teoría neuronal, aunque el nombre de Freud no aparece como

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

pionero en la formulación de la misma, por no haber continuado trabajando en la validación de su hipótesis.

Freud elaboró sus teorías absolutamente solo. Tal vez no ha favorecido mucho al psicoanálisis el hecho de que Freud fuese el único que desarrollara esta ciencia (psicoanálisis) y la llevara a su madurez. Sus ideas contravenían los principios científicos que suponían el avance de la medicina alemana y por ello defender su teoría supuso un riesgo para su carrera:

Para hombres de la Escuela de Helmholtz, la idea de que la mente, no el cerebro ni el sistema nervioso, pudiera ser la causa de su propio mal funcionamiento, e incluso el origen del mal funcionamiento del cuerpo, era peor que una herejía profesional: era una profanación del pensamiento. Freud se había educado en la tradición de aquellos hombres, y se esperaba de él que la continuase y la prestigiara. El caso es que nunca la repudió totalmente, puesto que a la vez que negaba su materialismo, defendía su determinismo, pero lo que negaba levantó una tempestad de injurias, a las que hizo frente con una imperturbabilidad olímpica. (En Jones; 1981: 10).

Para la Escuela de Helmholtz las únicas fuerzas activas en el organismo son las fuerzas físicas y químicas corrientes y lo que no pudiera ser explicado por esas fuerzas debía buscar, mediante el método físico matemático, en la acción de estas fuerzas. Durante treinta años la escuela tuvo completo dominio sobre el pensamiento de los filósofos y profesores de medicina alemanes. Entre sus principios sostenían:

*La fisiología es la ciencia de los organismos como tales. Los organismos se distinguen de los entes materiales sin vida, pero dotados de actividad (las máquinas), por estar dotados de la facultad de asimilación, pero todos ellos constituyen fenómenos del mundo físico, sistemas de átomos movidos por fuerzas, de acuerdo con el principio de conservación de la energía, descubierto por Roger Mayer en 1842, relegado durante veinte años y popularizado después por Helmholtz.* (En Jones; 1981: 64).

En 1883, después de obtener su licencia de médico, comenzó a trabajar al

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

Hospital General de Viena donde pasó por diferentes secciones y por la clínica de psiquiatría de Meynert, el más famoso anatómista del cerebro para ese entonces. “Es en su trabajo sobre la perturbación llamada “amencia de Meynert” (psicosis alucinatoria aguda) donde obtuvo la viva impresión del mecanismo de realización de deseos (wish fulfillment), que tan ampliamente habría de aplicar más tarde en sus investigaciones sobre el inconsciente”. (En Jones; 1981: 83). En 1885 fue designado, por la Facultad de Medicina, Privat Dozent; un cargo muy importante y cotizado otorgado solo a una élite de intelectuales en Austria y en Alemania y que no tiene equivalente en las universidades estadounidenses ni en las inglesas. Después de su nombramiento pasó a trabajar en un sanatorio de enfermedades mentales en las afueras de Viena. Acreedor de una beca, en ese mismo año, 1885, abandona definitivamente el Hospital General y viaja a París y a Berlín, dedicándose exclusivamente a la neurología. De su estadía en París de destaca especialmente sus investigaciones sobre la histeria, al lado del doctor Jean Martin Charcot. La publicación de los hallazgos en este tema estuvo seguida de fuertes diatribas, cuestionamientos y polémicas con sus colegas vieneses, pues hasta entonces se creía que la histeria era una afección típicamente femenina.

La revelación de que los hombres también podían padecer de histeria, echaba por tierra las creencias extendidas desde la antigüedad (el vocablo histeria procede del griego *hysteron* que significa útero), y no fue bien recibida. El conflicto se extendió desde 1886 hasta 1889 y causó un gran impacto en Freud, quien se retiró de la vida académica y dejó de asistir a la Sociedad Médica. Durante este mismo lapso desarrolló paulatinamente su método de la asociación libre al prescindir también de las técnicas de la hipnosis, la sugestión y el interrogatorio, dados los resultados escasamente favorables proporcionados por esas técnicas. Del trabajo con sus pacientes, y a partir de sus reacciones, extrajo las conclusiones acerca de la transferencia y la resistencia, propias de la teoría y la práctica psicoanalítica, opuesta al método catártico utilizado hasta entonces. El método de la asociación libre consistía en pedir al paciente que cerrara los ojos y se concentrara en su dolencia para expresar todos aquellos recuerdos que pudieran estar relacionados con ella y pudieran ayudar a explicar su origen.

Había descubierto en sus pacientes una actitud proclive a ocultar ciertos recuerdos penosos e indeseables; a esto le dio el nombre de resistencia y la relacionó con la represión que conducía al reemplazo de esos recuerdos por síntomas;

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

### Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

es decir a la inervación somática: conversión. A medida que los pacientes se relajaban de la censura impuesta por la conciencia, comenzaban a aflorar los recuerdos de importancia. De esta manera surgió la teoría de la represión. Esta constituyó el fundamento básico para la comprensión de la neurosis e impuso una modificación del trabajo terapéutico. “Di al método de investigación y curación resultante el nombre de psicoanálisis en sustitución del de catarsis” (Freud; 1973: 41). El método de la asociación libre es considerado el punto de partida del método psicoanalítico. La palabra psicoanálisis la utilizó, Freud, por primera vez en 1896 en un artículo publicado. Freud dejaba vagar libremente la mente de sus pacientes y con ello descubrió que sus recuerdos no se detenían en el punto de partida de un síntoma ni en el suceso traumático, sino que insistían en ir hacia atrás de forma ininterrumpida, hasta la misma niñez. Freud pudo captar en esa vuelta atrás la explicación entre la disposición heredada y los efectos traumáticos. Por otra parte, también notó que muchos de los recuerdos estaban asociados a vivencias sexuales.

Los hallazgos sobre la histeria masculina y la inclusión de factores sexuales en la neurosis, colocaba a Freud en un grado cada vez mayor de divergencia de sus colegas, quienes ostentaban una posición de superioridad con respecto a él. Dado que pensaba que sus hallazgos eran revolucionarios mantuvo una actitud de desafío moderado para tratar de ganar adeptos a su causa, entre algunos de sus colegas más cercanos y apreciados. Sin embargo, solo encontró en ellos una gran resistencia. Finalmente encontró colaboración en Josef Breuer, quien aceptó publicar junto a él. Con el artículo “El mecanismo psíquico de los fenómenos histéricos” (1893) y el libro “Estudios sobre la histeria” (1895) se inicia el psicoanálisis.

Las duras críticas hacia el libro y las reservas de Breuer para secundar a Freud en sus ideas sobre la sexualidad, cesaron la colaboración entre ambos. Después de una serie de trabajos en solitario, en 1898 Freud publicó el artículo La sexualidad en la etiología de la neurosis, donde además de definir las indicaciones y limitaciones del método analítico, aborda, por primera vez, la sexualidad infantil y las fantasías sexuales. Mientras desarrollaba “La Interpretación de los sueños”; su obra maestra, paralelamente iniciaba, en el año 1897, el análisis de su propio inconsciente. “Había descubierto en sí mismo la pasión hacia su madre y los celos que había sentido hacia su padre; estaba seguro de que esto era un rasgo humano de carácter general y de que a partir de él se podía entender el

vigoroso impacto de la leyenda de Edipo” (En Jones; 1981: 325).

Uno de los conceptos fundamentales en la teoría psicoanalítica es el de inconsciente. Este contiene todos aquellos impulsos, tendencias, deseos y fantasías y motivaciones de todo lo cual no se tiene conciencia. Se trata de un sector profundo de la psique donde se guardan los mecanismos o motivos desconocidos y ocultos del comportamiento. El inconsciente estaría constituido por un conjunto de representaciones mentales reprimidas, que ejercen una fuerte influencia en la conducta.

El concepto de inconsciente no es propiamente freudiano; ya antes la filosofía, incluso, había dilucidado sobre el asunto. En este sentido, vale destacar el antecedente de Nietzsche, quien desarrolló para su propia filosofía, el concepto de “trieb” (instinto, pulsión) como fuerza formadora de los sueños, del arte e incluso el pensamiento lógico, hasta llegar a depurarlo hasta concebir una “Voluntad de Poder”, derivada de la anterior “Wille” (Voluntad de Vida) del filósofo Schopenhauer.

Pero Freud convirtió a ese depósito de instintos, pulsiones y reelaboraciones de vivencias a la luz del Deseo, el inconsciente, en un objeto de investigación y diseñó el método y los instrumentos necesarios para internarse en sus profundidades. Además, lo posicionó como determinante del comportamiento humano, desplazando inclusive a la conciencia:

*El psicoanálisis se vio obligado, por el estudio de las represiones patógenas y de otros fenómenos, a conceder una extraordinaria importancia al concepto de lo inconsciente. Para el psicoanálisis todo es, en principio, inconsciente, y la cualidad de la conciencia puede agregarse después o faltar en absoluto. Estas afirmaciones tropezaron con la oposición de los filósofos, para los que lo consciente y lo psíquico son una sola cosa, resultándoles inconcebible la existencia de lo psíquico inconsciente. El psicoanálisis tuvo, pues, que seguir adelante sin atender a esta idiosincrasia de los filósofos, basándose en observaciones realizadas en material patológico absolutamente ignoradas por sus contradictores y en las referentes a la frecuencia y poderío de impulsos de lo que nada sabe el propio sujeto, el cual se ve obligado a deducirlos como otro hecho cualquiera del mundo*

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

*exterior. (Freud; 1973: 43).*

Como lo señala Jiménez (2003), en sus conferencias de “Introducción al psicoanálisis”, pronunciadas entre 1915 y 1918, Freud hace la conocida consideración de las tres humillaciones al narcisismo que habría padecido la humanidad: la infligida por Copérnico cuando dictaminó que la tierra no es el centro del universo, la que ocasionó Darwin al incluir al hombre en el reino animal y la demostración de que el Yo personal no es el dueño total de sus propios actos y de su propio destino, sino que es siervo y esclavo, en buena medida, de extrañas fuerzas del inconsciente. Freud consolidó sus hallazgos mediante un plan que se desarrollaba con discreción y valentía.

Sus ideas, como era previsible, fueron caracterizadas como un cuento de hadas científico. Solo después de 1919 su teoría comenzó a ser aceptada, aunque los ataques al psicoanálisis nunca cesaron. Al igual que Darwin, tampoco Freud se enfascó en disputas pese a las provocaciones, su respuesta se centraba en continuar con sus investigaciones con mayor perseverancia.

Freud sentía una verdadera pasión por comprender, desarrolló una obra de gran envergadura, vasta y metódica, de consecuencias invaluables para el mundo occidental. Su teoría sobre la mente es radicalmente novedosa y trascendental. Descubrió en el acto de comprender el secreto del poder; que el poder radica en la comprensión y no en la fuerza, para Freud, lo atestiguaban los grandes avances científicos de los tres últimos siglos. Era necesario comprender la naturaleza y los aportes de Darwin, en auge para ese entonces, contribuían a esos fines y lo motivaron a formarse como médico. En el siglo XIX, la ciencia, como hoy para algunos, era sinónimo de exactitud, precisión, medición, además de progreso y la esperanza para la solución de los grandes problemas del mundo. Entre el dilatado aporte de Sigmund Freud al campo científico se encuentra lo siguiente:

1. Al igual que Darwin, Freud generó una revolución conceptual. Si bien ya existían las escuelas de psicología, él concibió y creó el psicoanálisis, término que también acuñó. Constituye no solo una teoría de la psicología humana, sino, además un método para el análisis de la mente y del inconsciente y una herramienta para el tratamiento de las enfermedades emocionales y mentales. “La teoría de la resistencia y de la represión de lo inconsciente, de la significación

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

etiológica de la vida sexual y de la importancia de los sucesos infantiles son los elementos principales del edificio teórico psicoanalítico” (Freud; 1973: 54). Para muchos, sus hallazgos en el campo de conocimiento son equiparables en el contexto de la técnica con la invención de la rueda o de la máquina de vapor. Malcolm (1983) sugiere la analogía del terrorista que prepara un artefacto, en el sótano de su casa, para volar la cervecería y termina, sin darse cuenta, inventando la bomba de hidrógeno que hace volar medio mundo.

2. La contribución a la comprensión de la naturaleza humana realizada por Freud es invaluable, y con el tiempo han llegado a demostrar la obligación que tienen los científicos e investigadores, en muchas ocasiones, de tomar distancia de las creencias, dogmas y prejuicios corrientes en su contexto histórico social. Tal vez, la persecución sufrida por su familia desde el siglo XIV, y por él mismo en el siglo XX lo ayudó a ir más allá de los prejuicios y a otorgarle validez a sus hallazgos, aunque contravinieran sus creencias y costumbres. Como él mismo comenta con respecto a sus detractores:

*Me parece hallar el obstáculo principal a la comprensión de la nueva disciplina en el hecho de que sus adversarios se negaban a ver en ella otra cosa que un producto de mi fantasía especulativa, sin reparar en la paciente y continuada labor, carente de todo antecedente, cuyo resultado era. Dado que a juicio de ellos, el análisis no tenía contacto ninguno con la observación ni con la experiencia, se consideraron con derecho a rechazarla sin una propia experiencia contraria. Otros, que no abrigaban una tan segura convicción, repitieron la clásica maniobra de no asomarse al microscopio para no ver aquello que habían discutido. Es singular cuán incorrectamente se conduce la mayoría de los hombres cuando ha de juzgar algo nuevo y original. (Freud; 1973: 69).*

3. Uno de los aportes más significativos es el desvelamiento y descripción de la estructura psíquica (consciente, preconsciente e inconsciente) y sus interrelaciones. El consciente es la parte de la actividad mental que apercibimos en cualquier momento. El preconsciente incluye los pensamientos y sentimientos que pueden ser traídos a la conciencia sin mayores esfuerzos y el inconsciente abarca tanto una serie de procesos mentales ignorados como aquellos otros apartados de la conciencia.

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

4. La teoría psicoanalítica proporcionó una serie de categorías clave para la comprensión de la psique humana, siendo el inconsciente una de las categorías más destacadas, por ser el fundamento de la teoría y práctica psicoanalítica. Aunque es imposible observar el inconsciente directamente, en su estudio se utiliza la libre asociación, el análisis de los sueños, los fallos del lenguaje y los actos inexplicables, entre otros. Los hallazgos de Freud dieron cuenta, además, de diversos temas, como el desarrollo sexual, el cual dividió en cuatro etapas: oral, anal, fálica y genital, y la formación del carácter, que de acuerdo con sus descubrimientos queda asentado a los tres años de vida y cuyos rasgos esenciales no son modificados por los acontecimientos ulteriores a esa edad. Asimismo, las investigaciones de Freud permitieron la formulación de importantes teorías para la comprensión de diversas patologías como la neurosis y la histeria, entre otras.

5. Freud poseía una mente y hábitos muy ordenados, podía sistematizar y reunir una gran cantidad de hechos. Disponía de facilidad y fluidez para la escritura. Esta capacidad le permitió publicar numerosos artículos y libros para dar cuenta de los hallazgos de sus investigaciones. Estos trabajos han contribuido en gran medida a la formación de nuevas generaciones de psicoanalistas y científicos en general. No en vano se considera que toda la filosofía y las teorías relacionadas con la mente y con la persona humana han sido afectadas por las teorías freudianas.

6. Los progresos de la ciencia también se expresan en el descubrimiento de un nuevo método o en el diseño de nuevos instrumentos y Freud logró mejorar la histología a través de ciertos aportes técnicos, entre ellos el rediseño de la fórmula de Reichert, una mezcla de ácido nítrico y glicerina, para los preparados microscópicos del tejido nervioso, la introducción del cloruro de oro como método de coloración del tejido nervioso, la técnica del análisis del material in vivo, aprendido de Stricker, y sus propias ilustraciones en las investigaciones histológicas. Freud logró captar la necesidad de disponer de métodos y herramientas adecuadas en la investigación científica.

Con respecto a la manera de llegar a sus hallazgos, puede decirse que Freud privilegió la interpretación apoyada por la deducción. En sus investigaciones encontró que había una experiencia empírica sostenida en hipótesis adecuadas al dominio de la materia, y lo que él hizo fue sustituir esas hipótesis por otras (superestructura especulativa del psicoanálisis). Comprendió que la teoría per-

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

mite realizar especulaciones, generalizaciones y la formulación de posibles soluciones más allá de los medios de observación disponibles. Esto le permitió descubrir nuevos hechos y aventurarse en riesgosas especulaciones.

También enfatizó la observación y la escucha en sus indagaciones. Al efecto dice; “los sorprendentes descubrimientos relativos a la sexualidad del niño debieron su origen, en un principio, al análisis de los adultos, pero pudieron luego ser confirmados en todos sus detalles por observaciones directas de sujetos infantiles” (Freud; 1973: 53). En el tratamiento de sus pacientes utilizó la técnica de la escucha de la libre asociación de las ideas, para desde allí interpretar las conexiones inconscientes entre tema y tema, abandonando el método del interrogatorio, con la finalidad de comprender la estructura mental, atando los cabos de los vínculos entre actos fallidos, recuerdos injustificables, asociaciones libres, lapsus y sueños. Todo eso eran “síntomas” conflictos inconscientes de alguna envergadura.

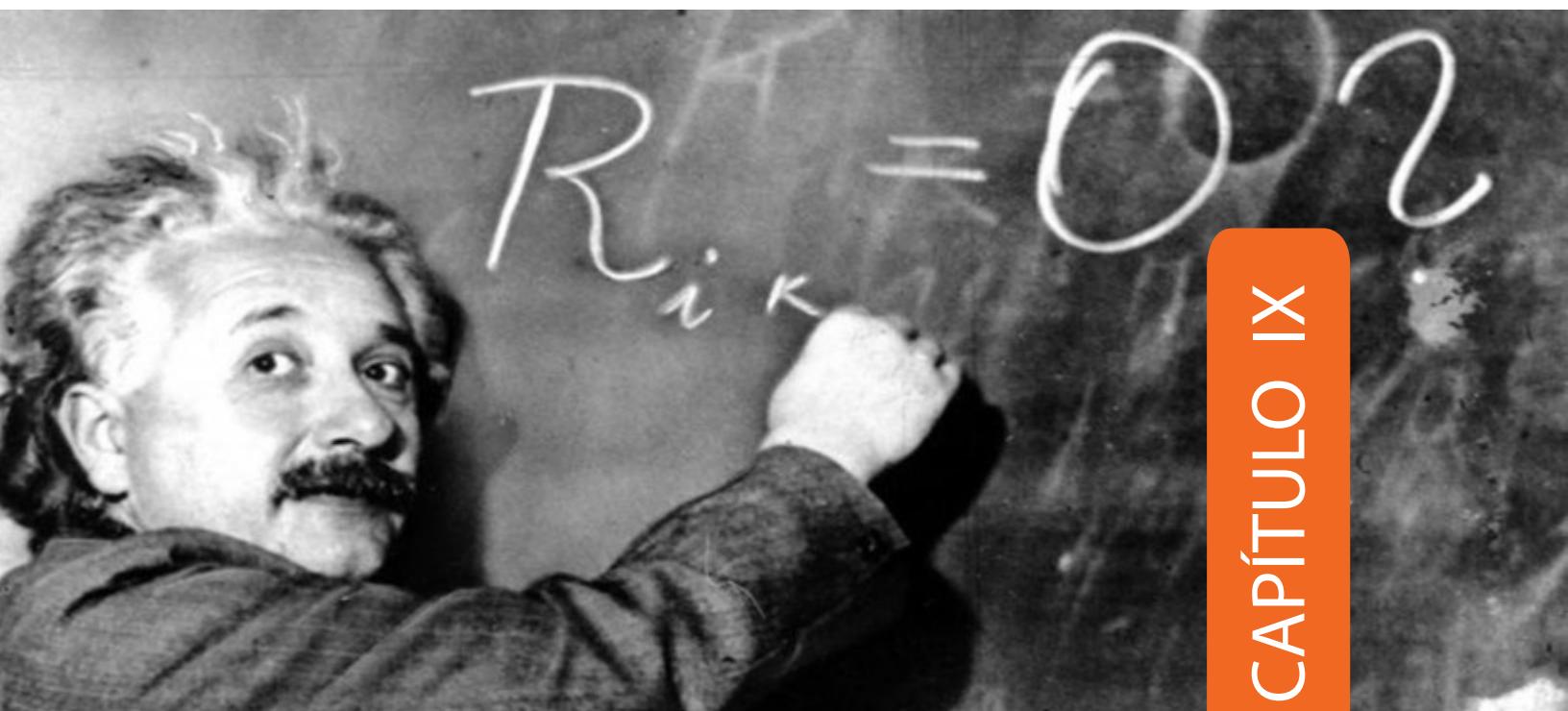
Los hallazgos de Freud no le depararon la fama ni el reconocimiento de sus contemporáneos. Por el contrario, como él mismo indica:

*Al principio no percibí la peculiar naturaleza de lo que había descubierto. Sin pensarlo, sacrificué mi popularidad como médico y la posibilidad de lograr una amplia clientela por mis inquisiciones sobre los factores sexuales implicados en sus neurosis... Me ocupé de mis descubrimientos como de aportes corrientes a la ciencia, y esperaba encontrar igual espíritu en los demás. Pero el silencio con el que fueron recibidas mis exposiciones, el vacío que se iba formando respecto a mi persona y las insinuaciones que fueron llegando hasta mí me hicieron comprender que yo formaba parte de aquellos que “han perturbado el sueño de la humanidad” y que no podría esperar objetividad ni tolerancia. Pero como, a pesar de todo, crecía mi confianza en que mis observaciones como las conclusiones eran correctas, llegó a la conclusión de que me había tocado en suerte descubrir ciertas relaciones particularmente importantes, y estaba preparado a aceptar el destino que a veces va unido a semejantes descubrimientos. (En Jones; 1981: 272).*

“Aceptar el destino”: estas palabras parecen las de uno de los héroes griegos.

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

Nuevamente Freud, el niño judío, se apoyaba en el amor materno, para sobreponerse a la hostilidad de su ambiente y, como un conquistador, un nuevo Ulises de la mente humana, sobreponerse a sus adversarios y llegar a Itaca donde le esperaba su Reino.



CAPÍTULO IX

## EINSTEIN Y LA VELOCIDAD RELATIVA DE LA IMAGINACIÓN



[www.mawil.us](http://www.mawil.us)



## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

Los legos nos comportamos con la tecnología actual como los personajes de los cuentos de Kafka: terminamos por asumir que lo extraordinario (que, sin duda, nos asombra la primera vez) es algo cotidiano, “normal”. No nos preguntamos casi nunca cómo funciona, mucho menos por qué; tampoco nos molestamos en averiguar cuáles son los principios más generales que explican ese funcionamiento. Nos basta saber que efectivamente funciona y cómo utilizarla, obtener la comodidad, disfrutarla cuando satisface nuestros requerimientos o caprichos o, en el peor de los casos, procuramos adaptarnos a ciertas incomodidades aparejadas con esa nueva realidad que se yuxtapone a la anterior, la que conocíamos antes. Así, tener seis patas y un exoesqueleto termina siendo tan trivial como tener dos piernas, unos ojos y una piel que igual registran la temperatura del ambiente y la suavidad de la tela de la sábana de la cama. Igual de banal que mirar en una superficie plana cuadrada las imágenes coloridas y los movimientos de otros seres humanos que, sabemos, se hallan en realidad en otro lugar, quizás muy lejano, o en otro tiempo. Ya es cosa de todos los días que oigamos la voz de un ser querido que nos contesta a cientos (a veces a miles) de kilómetros de distancia, o que el cajero del supermercado pueda registrar, gracias a una lucecita, la leche o el paquete de galletas que seleccionamos en el supermercado. Incluso podemos aceptar que esas situaciones son sólo posibles gracias a la tecnología, como refiriéndonos a la magia, con motivo de los portentos que logra, como por el absoluto misterio de su eficacia.

¿Nos sorprendería si aparece repetido el mismo apellido asociado a cada una de esos maravillosos ingenios que permiten la acción de todo ese instrumental de nuestro confort moderno? Quizás ¿Qué tal si ese apelativo es Einstein? Pues, sí. La etiqueta con ese apellido aparecería, con la misma magia con que aparece la imagen y la voz del cantante de “Suavecito”, en el mismo televisor, en la radio, el aparato de la caja del supermercado que registra los precios de cada producto, el encendido del automóvil, los censores de la barra que detiene el paso en la entrada de los estacionamientos, y hasta mucho más allá, en las centrales nucleares y hasta en las bombas más destructivas que jamás haya inventado el ser humano. Hay Einstein en todos los rincones de la vida diaria. En las células fotoeléctricas, en el laser del lector de barras del supermercado, en el sonido de las películas en el cine, en la radio y la televisión, en la radio a transistores, los encendidos de los automóviles, la energía nuclear, y mucho más.

Más allá, los artistas y los escritores pretenden descubrir a Einstein en sus

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

creaciones, o al menos aseguran que esas arcanas fórmulas de su física incomprendible, los han inspirado y guiado. Novelistas como Thomas Mann, con esos “tiempos relativos” que se alargan y contraen de maneras tan maravillosas en “La Montaña Mágica”, los juegos de tiempo y espacio en algunos personajes de William Faulkner, las narraciones desde las cuatro dimensiones del espacio-tiempo en el “Cuarteto de Alejandría” de Lawrence Durrel. Hasta en las artes plásticas, hay críticos que descubren a Einstein (incluso con las protestas del propio científico) en las coordenadas yuxtapuestas del cubismo de Picasso. Ni hablar del cine; no es posible entender películas como “Interestelar” sin mastigar alguna noción inconcebible de la relatividad. Igual ocurre con las ciencias sociales que admiten la contaminación con la relatividad, como con una extraña radiación y, pongamos por caso, en la antropología Levy Strauss habla de “relativismo cultural”, en la psicología de la evolución de la mente de los niños, Piaget describe y explica nociones de velocidad sin necesidad de tiempo o de espacio a sugerencia del continuum espacio-tiempo. La filosofía no rehúye ese influjo que se torna irresistible en Ortega y Gasset. Hasta en el pensamiento político se asume el criterio de las diferentes coordenadas de espacio-tiempo como las veía Víctor Raúl Haya de la Torre, cuando afirmaba la diferente significación del capitalismo en Europa y en los países latinoamericanos.

En este punto, alguna razón debemos darle al propio Einstein, quien siempre aseguró, y se cuidó de explicarlo detalladamente, que en todo eso, tan lejano de la física y la tecnología, no hay ni una pizca de sus desarrollos teóricos, salvo en algunos, contados, casos. Lo que se evidencia de todo ello es que hubo el gusto por identificarse con el que es un genio para todo el mundo, lo cual testimonia un impacto cultural sencillamente inmenso; nada relativo, sino absoluto.

Einstein nació en Alemania en 1879, en el seno de una familia judía, luego se nacionalizó suizo y más tarde, estadounidense. Huyó de la persecución nazi contra los judíos desde 1933. Expuso la teoría de la relatividad en diferentes artículos y libros desde 1902 hasta 1915, recibió el Nobel de Física en 1921 y murió en Princeton, EE.UU., en 1955. Entre su juventud y el gran prestigio que da haber reformulado prácticamente toda la física y recibir el premio Nobel, Einstein atravesó por situaciones difíciles. Siempre fue un “outsider”. Le costó mucho entrar en el mundo académico de su país. Fue discriminado por el antisemitismo que, como veneno cultural, se respiraba en la sociedad germana y durante cierto período, el de Hitler, hizo metástasis como un cáncer mortal en la vida de aquel

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

gran país. Así mismo, es interesante saber que sus principales y asombrosos aportes a la disciplina que siempre fue su pasión, los elaboró desde fuera de las universidades y centros de investigación, desde una humilde oficina de patentes donde se ganaba el pan, luego de no poder acceder a una cátedra universitaria y realizar pequeños trabajos temporales como maestro.

Sólo su perseverancia personal (él mismo decía que era “terco como una mula”), el placer que le deparaba imaginar acerca de los grandes interrogantes que se planteaba y, no menos importante, el apoyo de una mujer extraordinaria, brillante física como su marido, Mileva Maric, una verdadera pionera de la entrada de la mujer en los grandes centros de estudio científico de Europa, donde apenas en Suiza o París les permitían asistir a clases y estudiar. Ella tuvo que enfrentarse, por igual, los prejuicios contra la mujer, contra los eslavos (Mileva era serbia), los rechazos de la propia familia Einstein y las difíciles circunstancias de una pareja que sólo contaba con el amor mutuo para salir adelante. Lamentablemente, esas mismas adversidades, sus dolencias físicas y mentales, y situaciones dolorosas como la necesidad de perder una hija, terminaron por apagar esa luz en la vida del genio.

Ajustándonos a la humilde y honesta delimitación de su trascendencia, que se dio el propio genio, debemos establecer que, sí, su investigación significó para la ciencia y, un poco más allá, la visión del Universo (nada menos), un cambio profundo y trascendente. Pero esta misma formulación sería insatisfactoria para el propio Albert Einstein: él no habría querido para nada ser considerado un revolucionario. Un tipo que pensaba con cabeza propia, eso sí. Que usaba su imaginación premeditadamente, también. Un poquito rebelde, extravagante, poco convencional, quizás. Pero en realidad, como repetía una y otra vez, su teoría de la relatividad, no hizo más que extender la lógica de muchas ideas físicas de su tiempo, un poco más allá.

Einstein, durante toda su vida, consideró que la ciencia se fundaba principalmente en dos cosas: la observación de los hechos y el razonamiento lógico, si matemático mejor. Claro que advertía que entre ambas dimensiones, una que trascurría en la mente de los científicos, y la otra en los hechos constatables que llamaban su atención, no era fácil la correspondencia. Más bien parecían dos territorios poco menos que enemigos, que se rechazaban, discutían, se sacudían frente al otro. En fin, se trataba de una dicotomía. Desde los tiempos inmediata-

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

mente previos a Kant, había sido siempre así: de un lado, los racionalistas, que esperaban captar el Universo entero mediante consistentes sistemas deductivos, derivados rigurosamente de premisas claras y distintas gracias a las reglas de la lógica, que eran las mismas para el humilde Ser Humano y para cualquier supuesto Ser Divino. Del otro lado, estaban los empiristas, los que contenían sus impulsos para no apresurar juicios ni afirmaciones demasiado generales y contundentes, pues preferían atenerse a los resultados laboriosamente obtenidos de experiencias repetidas una y otra vez, si era posible por personas diferentes, hasta avanzar paso a paso hasta algunas certezas que nunca podrían llegar a ser definitivas.

El principal incentivo para el gran científico, y así lo reconoció en varias entrevistas y ensayos, fue algo que también ha motivado a los grandes pensadores de todos los tiempos, desde la Antigüedad griega: el asombro. Descubrir la maravilla del Universo, era para él incentivo suficiente para recorrer esos caminos. La actividad científica, lejos de lo que cabrían pensar nosotros los legos, depara abundantes momentos de sorpresa y encantamiento. El universo es sorprendente, maravilloso, y descubrir sus verdaderos milagros y portentos, debe constituir una fuente inaudita de placeres por los que vale la pena esforzarse.

Hemos mencionado a Kant por tres motivos. Uno, porque él logró de alguna manera sintetizar, reunir, acoplar, a racionalistas y empiristas, en varias aserciones: las percepciones sólo pueden ser entendidas con la ayuda de esquemas previos de categorías que ya estaban en el sujeto, considerado éste último como conocedor en estado puro; pero esas categorías sin percepciones, eran únicamente formas vacías, incapaces por sí solas, llevadas de la mano por la pura razón, a alguna conclusión confiable acerca de las grandes interrogantes de la metafísica: si el Universo era eterno o creado, si existía el alma inmortal, y cosas así. Tanto la Razón como la experiencia tenían un límite infranqueable. Entendían solamente fenómenos, que son, precisamente, esas síntesis de la categoría lógica y las percepciones correspondientes, no la “cosa en sí” de la que se ocupó durante mucho tiempo la metafísica o la fe religiosa. En los únicos territorios donde era legítimo dejarse llevar por la razón pura con sus categorías *a priori*, independientes de la experiencia, eran las matemáticas y la física mecánica teórica, donde el gran genio unificador había sido Newton.

El segundo motivo por el cual ha aparecido el nombre de Kant en estas líneas,

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

es porque el gran filósofo, si bien establecía los límites claros de lo no conocible para la razón pura o la experiencia pura, confiaba en que el entendimiento humano tenía un sentido, un horizonte, un norte, en tres horizontes: la *universalización*, esa capacidad de incluir cada vez más experiencias en los conceptos y teorías, en una tarea sin fin, la *búsqueda de la necesidad*, que para él significaba remontarse indefinidamente al origen de cada origen determinado, a la causa de cada causa descubierta, y la *asertividad*, es decir, la seguridad en existencia de experiencias que confirmaban las anticipaciones de la razón que iba de manera consistente silogismo tras silogismo. Veremos, en pocas líneas, cómo estas tres perspectivas del entendimiento, de la mano de la razón, se hallan en las ideas con las que Einstein hacía ciencia.

La tercera justificación de haber hablado de Kant, es que era el filósofo más respetado del medio académico europeo, especialmente en los ambientes suizos y alemanes en los cuales Einstein desarrolló su vida científica. Los asertos de Kant eran una especie de lugar común en autores admirados y leídos con fruición por el joven Einstein, sobre todo Ernst Mach quien, más que filósofo, era considerado un brillante físico, científico de pura cepa. El propio Einstein reconocía en las innumerables entrevistas que concedió y en los textos más o menos autobiográficos que se permitió, que los libros más influyentes en su juventud fueron “Teoría del calor” y “La Ciencia de la mecánica” de Ernst Mach:

Las ideas de Einstein acerca del progreso de la ciencia, según Holton (1998), pueden examinarse, de acuerdo a dos grandes principios: la *inclusividad*, es decir, la creciente abarcabilidad de los enunciados, y la *parsimonia*, la simplificación o reducción del número de principios. La primera, se refiere al aumento del número de las experiencias comprendidas en la explicación brindada. La repetición de las experiencias, así como el diseño de nuevas pruebas que al final establezcan la vigencia de esas relaciones mismas insistentes, es lo que garantiza que se esté observando efectivamente una regularidad de la naturaleza, algo que, en principio, siempre se dará si se repite la constatación. El segundo principio se refiere a la reducción del número de principios y premisas de tales explicaciones. Se trata de un reduccionismo, de limitar cada vez más el número de principios o premisas. Ambos aspectos tienen que ver, respectivamente, con la creciente universalidad que abarca cada vez más casos, orientando hacia un horizonte de la totalidad, y la necesidad lógica del entendimiento que garantiza la consistencia, las dos orientaciones básicas de la razón de las que habló Kant.

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

Por otro lado, los dos principios corresponden a las dos operaciones complementarias de a) el análisis, que se detiene en el desglose de cada formulación conceptual y la comprobación cuidadosa de cada hipótesis o consecuencia lógica de las grandes explicaciones, y b) la síntesis, que agrega propiedades o atributos a los sujetos de los enunciados, que busca vincular todas y cada una de las experiencias a los razonamientos teóricos. Es de esta manera, que se resolvían los antagonismos entre las teorías y las experiencias, corrigiendo las segundas a las primeras, y sugiriendo aquellas nuevas experimentaciones. Las síntesis se orientan a una unidad científica cada vez más abarcante en torno a un número decreciente de principios.

Así pues, Einstein, una vez más en la historia de la ciencia, estaba debatiéndose entre lo que llamaba dos “ilusiones”. Por un lado, una que clasificaba como “aristocrática”, subjetivista o idealista, que le atribuye al pensamiento un ilimitado poder de penetración. Por el otro lado, se hallaba la “ilusión plebeya” del realismo, un tanto ingenuo, según la cual las cosas son tal y como las percibimos mediante nuestros propios sentidos. Rechazaba abiertamente a los filósofos (a los empiristas) que sosténían que el conocimiento procede inductivamente, por generalización, de la experiencia sensible. En todo caso, “el mundo real no nos es dado, sino que se nos plantea a manera de un enigma” (Einstein citado por Holton, Ob. Cit.: 258).

La táctica seguida por Einstein para escapar a ambas ilusiones, era evitar ser atrapado por cualquiera de las dos creencias básicas, sin detenerse a pensar en las apariencias que de el científico de ser un oportunismo sin escrúpulos, o quizás un ecléctico que mezcla cosas heterogéneas sin mucho cuidado, o utilitario, que, alternativamente, se hace realista o idealista según y cómo vayan las investigaciones; incluso sin temer a lucir como un pitagórico o platónico cuando buscaba la simplicidad lógica como una herramienta indispensable.

En sus notas autobiográficas (que, como bien apunta Holton, son más bien un ensayo acerca de la actividad del pensar, hecho por alguien cuya esencia es esa, pensar), Einstein resalta el papel de un pensamiento visual, de imágenes. Esta imaginación, que no requiere de palabras, es más, que desconfía del lenguaje hasta que se ve precisado a comunicarse, debe ser como un *juego* en total libertad, como escribiría él mismo “un juego libre de conceptos”, desarrollado con la alegría y el interés de un niño (otra vez, el niño de la playa de Newton), que

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

tiene además como ventaja que permite desarrollar la habilidad de establecer relaciones entre figuras geométricas.

Este modo de pensar, mejor dicho, de imaginar, concentrándose en visualizaciones, es lo que abre las puertas a los “experimentos mentales”. Einstein relata entonces cómo a los dieciséis años se abstraía del mundo circundante, imaginándose persiguiendo un rayo de luz para alcanzar una respuesta a su curiosidad acerca de los valores observables de los campos vectoriales eléctrico y magnético de la onda electromagnética que constituía dicho rayo. Por supuesto, esa fantasía es muy poco frecuente en nuestras respectivas adolescencias.

En la época formativa de Einstein, el ambiente académico daba por aceptados los preceptos kantianos de que ese “juego libre” del pensamiento, debía tener como límites dos intuiciones que estaban allí a priori, en la conciencia, desde que nacemos: el espacio y el tiempo, ambos absolutos. Tal vez el único filósofo que no admitía esta limitación era, precisamente, uno de los más admirados por Einstein: Ernst Mach.

Pero el “modelo bidimensional” del progreso científico, no explica la diversidad de estilos e inclinaciones (incluso gustos y preferencias personales) que se aprecian entre los científicos, ni la suspensión de la incredulidad en beneficio de la fe sin respaldo empírico en las consecuencias de la teoría defendida. Einstein, como todo investigador, tenía sus “gustos”, sus inclinaciones y preferencias, las cuales sostenía con una terquedad de mula, según propia confesión. Cuestionando acerca de esto, Einstein no dudaba en mencionar su “intuición”, concepto que lo comunicaba con corrientes filosóficas abiertamente irrationales tales como la de Bergson, construidas por especies de “pálpitos” y en combativo ataque a la lógica. Pero esto no significa que el gran físico se adscribiera a alguna filosofía irracionalista.

Por lo demás, Einstein consideraba que la lógica era tan solo una “creación del hombre”, una convención. No hay relaciones fiables entre los conceptos y las proposiciones, por un lado, y los hechos, por el otro. La inducción y la simple abstracción como herramientas lógicas, pueden hacernos aceptar ciertas relaciones entre los dos dominios, pero sólo por simple hábito, cosa que filósofos empiristas como Hume aceptaría de buen grado, aunque Einstein lo sentía como inapropiado. La alucinación, el sentimiento y la posible irracionalidad, eran ten-

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

taciones, tanto como la costumbre y el hábito, que jugaban a favor de tradiciones conceptuales que poco ayudaban para comprender las nuevas experiencias.

Había que partir, entonces, de reconocer que había un abismo infranqueable entre el mundo de la experiencia y los conceptos y proposiciones. La única manera de escapar de esto, para el genio, era mediante, una vez más, el libre juego de la mente. Este tampoco autorizada la formulación de hipótesis que sirvieran para explicar excepciones de una regla o salir del paso de un escollo en la comprobación de una teoría; en otras palabras, Einstein rehuía la casuística. Lo suyo era descubrir los grandes principios que regían, si no todo, la inmensa masa de experiencias empíricas, mediante la comprobación laboriosa de la correspondencia entre las predicciones de la teoría y un gran abanico de experiencias experimentales.

Estas concepciones acerca del proceso de la investigación y de cómo pensar en ese marco, nos indican que hay aquí ciertas convicciones o, mejor, ciertos gustos y preferencias. Holton (Ob. Cit.) las llama *hipótesis temáticas*, las cuales constituyen una nueva dimensión de los discursos científicos, diferentes del plano de contingencia de los hechos observables y el razonamiento. Ellas no derivan ni de la observación ni de la lógica. Son más bien imágenes, motivos, “lugares comunes” en el sentido de Aristóteles, de giros y frases que vienen inevitablemente en la argumentación sin derivar de ella. Esas *hipótesis temáticas* (o *Thematas*, como también las llama Holton) puede que respondan a antiquísimas tradiciones del pensamiento filosófico o mítico; puede que tengan que ver con el “inconsciente colectivo”, o con íconos culturales. No hay que detenerse en ello, sino en investigar, como lo haría un etnólogo en medio de una tribu lejana, cómo aparecen efectivamente en la actividad de investigación.

De hecho, Einstein se refiere a ellas como sus “intuiciones”, “imágenes”, “imaginación”. Holton las sistematiza y hace una la lista de diez propias del gran físico: primacía de la explicación formal, unidad o unificación de la ciencia (búsqueda de teoría unificada de los campos, de la gravedad y el electromagnetismo), escala cosmológica de las leyes, parsimonia y necesidad lógica, simetría, simplicidad, casualidad y determinismo (contra probabilidad e indeterminación cuántica), complejión y exhaustividad, continuo (contra discreto), constancia e invarianza. Todos estos motivos y preferencias, expresan que para Einstein el progreso continuo de la ciencia se rige por el Norte constituido por

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

la síntesis (reunión de conceptos, propiedades), la parsimonia (la reducción de la cantidad de principios al mínimo) y la inclusión (de una masa creciente de experiencias). Berlín (2004) señala que esto caracteriza a la “falacia jónica”, aludiendo al esfuerzo denodado de los filósofos presocráticos de buscar y encontrar un sólo principio que animara todo: el agua, el fuego, el Ser parmenídeo, etc. Esta inclinación también se relacionaría con las alusiones aprobatorias de Einstein acerca de la filosofía de Spinoza la cual, no solo construye un sistema lógico organizado con una pauta geométrica (definiciones, axiomas, teoremas, colofón, etc.), sino que pretende con él explicar la totalidad de lo existente, identificada con Dios, es decir, un panteísmo donde Todo (la Naturaleza, el Hombre) vienen siendo tan solo una parte de una gran Totalidad racional de la que da cuenta el pensamiento. En otras palabras, Einstein siempre simpatizó con una visión del mundo unificada, la única, según él, “consistente con la economía de un espíritu sano”.

En los primeros años del siglo XX, la época de Einstein, los científicos alemanes vivían en medio de un verdadero diluvio de publicaciones que apelaban a la unificación de la imagen del mundo. Plank y Mach publican ensayos sobre la unidad de la imagen física del mundo. Lo mismo hizo Friedrich Adler, amigo muy cercano de Einstein. También el profesor Stodola, científico admirado por el joven Einstein; quien publicó un libro con el título de “La visión del mundo de un ingeniero”. En la misma tendencia se anotaban los compañeros Hopf y Philipp Frank. Einstein incluso aparece en 1912 firmando un manifiesto, cosa muy rara en él, donde su autógrafo aparece al lado del de Sigmund Freud. En el documento, el grupo plantea el gran propósito de desarrollar una concepción del mundo global, no contradictoria, total, racional. Otros firmantes notables del Manifiesto fueron Ernest Mach, Josef Petzoldt, David Hilbert, George Helm.

A finales de 1918, en respuesta a Oswald Spencer y su tesis de “la decadencia de Occidente” en el que condenaba el pensamiento científico, Einstein insistía en un ensayo en proponer una imagen del mundo simplificada que permitiera una visión global, lo cual sería la Suprema Tarea de cualquier científico. Buscar las leyes elementales más universales a partir de las cuales por pura deducción podría alcanzarse la forma del mundo. Esto, por supuesto, tiene un “aire de familia” con los grandes sistemas filosóficos racionalistas: Spinoza, Hegel. Los principales temas (o lugares comunes) serían la consistencia, la invarianza, el determinismo, la necesidad lógica y la completitud.

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

Aun participando del “espíritu” de su época, las nuevas ideas físicas de Einstein se encontraron con grandes resistencias en la comunidad de sus colegas físicos. El primer libro de texto que incluía, con muchas reservas, la nueva teoría fue publicada seis años después, en 1911) de la última publicación acerca de la relatividad ampliada. Millikán, premio Nobel de física de 1923, reconoció que sólo aceptó la teoría después de 10 años, habiendo recibido Einstein el gran premio internacional del Nobel un año antes por sus aportes en el estudio del efecto fotoeléctrico. Testimonios de la época, en la academia de varios países europeos, señalaban que a Einstein se le confundía con Lorentz, con quien Einstein reconocía su deuda.

Especialmente notable fue el caso de Addington, presidente de la Sociedad británica de Física, a quien sus colegas le encomendaron la misión de refutar la hipótesis einsteiniana de que la gravedad afecta incluso a la luz. En la película titulada “Einstein y Addington” (disponible en You Tube) se muestra algo que es completamente verosímil: la motivación de la misión encomendada a Addington era defender “la ciencia británica”, fundada sobre los hombros de Newton, contra la “ciencia alemana” representante de “la barbarie”. En otras palabras, la teoría de la relatividad era “alemana” y, por tanto, no podía ser cierta. Addington al fin logra realizar la experiencia de observar, en medio de un eclipse de luna, los efectos de la fuerza de gravedad del satélite de la Tierra, sobre los rayos de luz emitidos por dos estrellas. En sus placas fotográficas, utilizadas para registrar el fenómeno del eclipse y el “desplazamiento” de las estrellas por la curvatura de sus luces por efecto de la gravedad, Addington confirmó lo previsto por Einstein.

Por supuesto, la teoría de la Relatividad no es alemana, ni tiene ninguna nacionalidad, porque pretende explicar algunas de las leyes básicas del Universo, por lo que es patrimonio, en todo caso, de toda la Humanidad. Su propio nombre era incómodo para el Einstein mismo, quien expresó en su oportunidad que la hubiera titulado con una etiqueta más precisa como “ley de las constantes absolutas”, puesto que muchas de sus sorprendentes conclusiones resultan de considerar algunas constantes absolutas tales como la velocidad de la luz en el vacío.

Es bastante difícil explicar, así sea muy a *grossó modo*, los enunciados más importantes de la teoría, para alguien no especializado como el que esto escribe. Einstein intentó en por lo menos dos ocasiones, llevar al gran público sus ideas,

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

en una ocasión solo, en otra con la coautoría de su colaborador Leopold Infeld. Pero, en vistas de los resultados, cabe concluir con él en que no es nada fácil ese esfuerzo por llevar a un público no especializado sus grandes conquistas científicas. Reconociendo esto, intentaremos, a continuación, trazar una imagen muy primitiva de los aportes científicos de la teoría de la relatividad.

De entrada, rogaríamos que se acepten, sin mayor demostración o argumentación, algunas cosas. La teoría de la relatividad confronta precisamente algunas creencias de la vida diaria y el sentido común, como por ejemplo, que el tiempo fluye siempre, por supuesto “hacia adelante”, a la misma “velocidad”, para cualquiera en cualquier parte del mundo, independiente4mente de cualquier circunstancia. En otras palabras, la relatividad refuta que el Tiempo (así como el Espacio, sea dicho de paso) sea una realidad *absoluta*. Pero, al mismo tiempo, la relatividad exige que aceptemos que hay magnitudes absolutas, la principal: la velocidad de la luz, la cual es constante independientemente de la velocidad de su fuente. Otras ideas, que se dan por sentadas, eran propias de la comunidad científica y, por ello, se explica que su descarte costara tanto. Por ejemplo, que los astros, las energías que circulan por el Universo, lo hacen en el vacío, es decir, *no necesitan*, no están suspendidas, flotan o se mueven en un *medio específico* (durante varios siglos se le denominó a esta materia sutil, *éter*), como lo sería el agua para los peces o los barcos, o el aire para las aves. Ya esta idea es difícil de asumir. Newton, por ejemplo, pensaba que el éter justificaba la acción gobernante de dios, porque, como todo medio, el éter significaría una resistencia a las trayectorias de los astros, y por tanto la necesidad de que se le dotara a esos movimientos de un empuje permanente, garantizado por la mano divina.

Otras ideas aparejadas a la relatividad es ver cómo ciertos fenómenos, que aparecen al sentido común como diferentes y separados, son en realidad como las dos caras de lo mismo. Así, veremos que los fenómenos se emparejan con sus inversos: la electricidad y el magnetismo, el espacio y el tiempo, la energía y la masa, la gravedad y la aceleración, las fuerzas gravitatorias y el electromagnetismo, lo discreto y lo continuo, y así por el estilo.

Si el tiempo (y el espacio) no es una categoría absoluta, sino relativa, es decir que dependen de algo más, es porque es sólo una de las dimensiones inscritas en los sistemas de coordenadas que posibilitan las constataciones de los observadores. Expliquemos lo anterior, por partes. Desde hacia siglos (desde por lo

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

menos el siglo XVI; pero podemos remontarnos a Euclides en la Antigüedad griega) la geometría es el saber matemático que permite conocer el espacio de una manera exacta e ideal. La geometría pasa a ser física, directamente, cuando las longitudes pertenecen a cuerpos sólidos, firmes, permanentes, y comienzan a considerarse las trayectorias y las velocidades, es decir, los movimientos y cambios en el espacio y el tiempo. Fue a partir de las definiciones geométricas de punto, línea y plano, que Descartes desarrolló la idea del *plano cartesiano*. Este puede construir a partir de las dimensiones de la longitud y la anchura. Una línea vertical x (el eje x) se refiere y mide a la distancia, mientras que la línea perpendicular y refiere y mide la anchura del espacio del plano. Si hacemos corresponder de manera regular, es decir con fracciones iguales de cada eje, los segmentos de cada eje, obtendremos un *sistema de coordenadas*. Si construimos otro plano perpendicular al primero, tendremos una tercera dimensión: la profundidad. Pero los fenómenos físicos acontecen, aparecen y desaparecen, se suceden, se desplazan. Por ello, hace falta representar, también geométricamente, una cuarta dimensión: *el tiempo*. A esta articulación de cuatro dimensiones geométricas, es a lo que Einstein llama *continuum espacio-tiempo*. Este nos permite representar matemáticamente no sólo las superficies y los volúmenes (longitud, la anchura y la profundidad), sino también los movimientos, las trayectorias y hasta las aceleraciones.

Era sabido desde tiempos de Galileo, que una trayectoria podía ser vista de maneras diferentes, desde puntos de observación también diferentes. Por ejemplo, si un marinero deja caer una piedra desde lo alto del mástil de su barco, *para él* la trayectoria de la caída de la roca será recta y vertical. Este punto de vista del marinero se debe a que él mismo se desplaza junto con el barco en el cual se encuentra. Dicho en términos geométricos, él se halla dentro de los planos cartesianos, es decir, del sistema de coordenadas del barco. No es ese el caso de otro observador, situado en una plataforma inmóvil en relación al barco, digamos desde el muelle. Para este segundo observador, la piedra más bien trazaría una trayectoria curva, puesto que, desde su sistema de coordenadas, el barco se mueve respecto a él,

Esta constatación que, repetimos, viene desde tiempos de Galileo, nos haría pensar que si medimos la velocidad de un marinero que camina en la misma dirección del desplazamiento del barco, desde un sistema de coordenadas del muelle inmóvil, obtendríamos la suma de la velocidad del barco más la velo-

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

ciudad del andar del marinero. Si el barco se desplaza a 50 km/h y el marinero camina a 2 km/h, desde las coordenadas del observador del muelle, el marinero se estará desplazando a una velocidad de 52 km/h ( $50+2=52$ ). Lo cual no sería el resultado de una medición hecha a bordo del barco, en cuyo sistema de coordenadas, el marinero se desplaza a sólo 2 km/h.

Esto que puede resultar sencillo de entender, se oscurece sobremanera cuando lo confrontamos con la constatación, hecha durante varias décadas por físicos prominentes, de que la velocidad de la luz en el vacío permanece constante a 300.000 km/segundo, y eso independiente4mente de que el rayo de luz vaya en la misma dirección del desplazamiento del objeto emisor. Aquí hay un misterio ¿cómo es que esa velocidad constituye un límite absoluto para la velocidad, no sólo de la luz, sino de cualquier objeto físico? ¿Cómo queda entonces el espacio y el tiempo?

Pasar de las dimensiones de barcos y muelles, a las de los astros del sistema solar, las estrellas y las galaxias, es lo mismo que pasar de las proporciones de la relatividad restringida de Galileo, a la ampliada de los físicos de finales del siglo XIX y principios del XX. De nuevo, la metáfora de los enanos sentados en los hombros de los gigantes, con lo cual pueden ver un panorama mayor, se nos vuelve a la mente. Desde la matemática, Galileo había vislumbrado la manera de calcular la diferencia entre las coordenadas del barco y las del observador del muelle. Muchos años después, el físico holandés Lorentz realizó otros cálculos para establecer la transformación de las coordenadas de un cuerpo luminoso en el gran espacio en relación a otro sistema de coordenadas, que podían ser las de nuestro planeta Tierra. Por sus aportaciones, conquistó el Premio Nobel de 1902.

Otro conocimiento que sirvió de apoyo a Einstein, fue el de la velocidad de la luz. Aristóteles en la Antigüedad había incluso descartado por imposible ese cálculo. Lo mismo que Descartes para quien determinarla era inútil, porque era infinita. Esta idea duró mucho tiempo hasta que en 1676, el astrónomo Roemer, tratando de dar respuesta a la razón por la cual los observadores medían diferentes duraciones de los eclipses de los satélites de Jupiter, se paseó por la idea de tomar en cuenta las diferentes distancias entre la Tierra y el inmenso planeta en momentos de esas diferentes mediciones. Aplicando una ingeniosa cuenta, en la cual incluía el diámetro de la Tierra para establecer la distancia máxima y

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

### Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

la mínima entre los dos astros, logró establecer aproximadamente la velocidad de la luz la cual, luego por diferentes experiencias astronómicas, terminó por fijarse en los 300000 km/h en el vacío.

El pensamiento hecho de imágenes y visualizaciones, su “juego libre de los conceptos” le permitió a Einstein imaginarse a la vez, como pasajero de un tren maravilloso que se desplazaba a la velocidad de la luz, y un observador parado a la orilla de la vía de este ferrocarril maravilloso. Si desde el vehículo se emitían dos rayos de luz, para un observador externo, con otras coordenadas espacio-temporales, ocurrían cosas sorprendentes. Por un lado, para el observador de la orilla de las vías férreas, el rayo cuyo vector tuviera la misma dirección del desplazamiento del tren, no tendría mayor velocidad que éste, por cuanto no hay velocidad mayor que la de la luz. Pero no sólo esto. La luz que se dirigiera a las espaldas del tren no reduciría su velocidad absoluta. Por otro lado, ocurriría otro hecho insólito. Dos sucesos en los extremos del tren, pongamos dos bombas explotando a la vez para las coordenadas temporales del observador de la orilla de las vías, no serían en absoluto simultáneos para el pasajero del tren. Esto porque la distancia que tendría que recorrer el rayo de la luz de la explosión del último furgón, sería mayor que la que tendría que recorrer el rayo correspondiente a la explosión de la locomotora del frente. La única manera de mantener el carácter absoluto de la velocidad de la luz era admitiendo estas “distorsiones” del tiempo, que no son más que las diferencias entre las coordenadas del espacio-tiempo de observadores diferentes. En la película de ciencia ficción “Interestelar”, unos viajeros espaciales tardan, para su sistema de coordenadas espacio-temporales, tan sólo unos días para hacer su viaje, mientras que para la Humanidad entera que han dejado atrás, incluida la hija aún niña del astronauta protagonista, pasan muchos años. De esta manera, hacia el final del film, el viajero espacial regresa al sistema solar y presencia la muerte de su hija anciana, de más de 90 años, mientras que él, su padre, es apenas sólo unos días más viejo respecto al momento en que inició su viaje. ¿Complicado? ¿Sorprendente? Sí; pero rigurosamente cierto y demostrado por la teoría de la relatividad.

Pero ¿por qué mantener a cualquier costo, incluso el de la muerte del concepto absoluto del tiempo, la velocidad de la luz como una constante absoluta? Pues porque, según los cálculos de las coordenadas desde el observador exterior, la masa de los cuerpos en movimiento (pongamos la de la nave y la propia humanidad del viajero interestelar) tiende a aumentar a medida que aumenta su

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

velocidad, por lo que cuando alcance la velocidad de la luz, sería infinita. *Por ello*, el tiempo tendería a detenerse de acuerdo a las coordenadas del viajero, por lo mismo que la velocidad de su marcha en el interior de la nave, no puede agregarse a la velocidad de la nave, como ya vimos en el ejemplo del barco.

Pero las consecuencias de esta geometría relativista incluyen otras verdaderamente inconcebibles, como el hecho de que el espacio también es diferente según las coordenadas del observador. Es más, el espacio mismo debe curvarse, y es allí, donde las coordenadas tienden a reunirse en un solo punto, donde están más “densas” para decirlo de algún modo, es donde la gravedad es más fuerte. Por esa curvatura del espacio, para Einstein el Universo es finito, pero ilimitado, a la manera de una esfera en la cual, por más que nos alejemos de un punto, volvemos a él, precisamente porque nos alejamos. ¿Sorprendidos? No duden que el que esto escribe también lo está. Son consecuencias en abierta contradicción con las intuiciones cotidianas y del sentido común.

Cabe destacar que Einstein, una vez reconocido como Nóbel y prácticamente una estrella de los medios masivos de la comunicación norteamericanos, expresó repetidamente su rechazo a las ideas de la física que inmediatamente le sucedió entre sus colegas más jóvenes. Esto es: la física cuántica. Especialmente, la noción de incertidumbre de Heisenberg, y la noción, que de inmediato se generalizó en el nuevo dominio de la ciencia, de que los fenómenos eran tan solo probables, lo cual ponía entre interrogantes la eficiencia de la causalidad, por lo menos en los términos deterministas de Newton: dadas una causas se debe admitir las mismas consecuencias, y dadas éstas, se deben suponer aquellas. A las observaciones de sus colegas Pauli y Born, entre otros investigadores cuánticos, les señalaba “el carácter esencialmente estadístico de la teoría contemporánea de los cuantos habría que atribuirse al hecho de que esa teoría opera con una descripción incompleta del sistema físico” (Einstein, 1956: 666, Trad. Propia), y más adelante: “Lo que no me satisface de esa teoría, desde el punto de vista de principios, es su actitud hacia lo que me parece el objetivo programático de toda la física como disciplina: la descripción completa de cualquier situación particular y real, como se supone que existe respecto a cualquier observación o conceptualización” (Einstein, Ob. Cit.: 667, trad. Nuestra). Dos pequeñas declaraciones que apuntan a lo que afirmó en otros lugares: que el apoyo exclusivo en las probabilidades de la teoría cuántica implicaba que todo estaba dictado por el azar y, dicho con ironía, “Dios no juega a los dados”. Por supuesto, Einstein en

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

esas líneas se revelaba como un determinista convencido.

La conclusión más espectacular de la relatividad, quizás la más conocida (hasta la fórmula matemática que la expresa es muy popular, y divulgada en películas y programas de TV), es la de que la masa, en realidad, es lo mismo que la energía, si la consideramos moviéndose a la velocidad de la luz. Ya han visto la fórmula ¿verdad?

$$E=mc^2$$

Es decir, la energía es igual a la masa multiplicada por el cuadrado de la velocidad de la luz.

Por eso la teoría de la relatividad es, para la generalidad del público, la base conceptual de la energía atómica, puesto que demuestra matemáticamente que la materia es energía. No es así exactamente, porque el concepto de masa no es, con precisión, la misma que materia, aparte de que muchos estudios y descubrimientos, debidos a una pléyade de genios científicos, aportaron al desarrollo de esta nueva tecnología. Pero, asumamos que sí, la teoría de la relatividad da la clave científica para entender la posibilidad de una fuente prácticamente inagotable de energía en la materia, en las masas.

La equivalencia de la masa y la energía fue la razón por la cual, la teoría de la relatividad adquirió, a pesar de las convicciones pacifistas de su autor, unas significaciones realmente ominosas, cuando se le asoció al proyecto de utilizar bombas nucleares en la guerra.

De hecho, fue Einstein mismo quien envió una carta al presidente norteamericano Franklin Delano Roosevelt, en 1939, informándole que, en teoría, era posible construir un arma con un poder destructivo nunca antes imaginado, y que en esos pasos desarrollar la ominosa bomba, con mucha probabilidad, se hallaban los peligrosos nazis. El Mandatario norteamericano le contestó que efectivamente ya había designado una comisión para que estudiara la situación y le recomendara qué hacer al respecto. El resultado de tales gestiones fue la fabricación de la bomba atómica en EE.UU.

En varias ocasiones Einstein trató de persuadir sin éxito al presidente nor-

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

teamericano de abandonar el programa nuclear. Roosevelt condujo a EE.UU. durante la guerra y murió a causa de una hemorragia cerebral en 1945, sin ver el final de la contienda mundial a la que su país ingresó en 1941. Finalmente, fue su sucesor, Harry Truman, quien tomó la decisión de lanzar dos ataques atómicos contra Japón, en 1945.

“Si lo hubiese sabido, no hubiera escrito jamás esa carta”, comentó amargamente el científico luego de la masacre nuclear. “Mi pacifismo es un sentimiento instintivo, un sentimiento que me domina porque el asesinato del hombre me inspira profundo disgusto. Mi inclinación no deriva de una teoría intelectual; se funda en mi profunda aversión por toda especie de crueldad y de odio”, escribió. Pero sólo fue pasadas varias décadas después, que se revelaron estas cartas llenas de arrepentimiento.

Einstein siempre se manifestó, desde su juventud cuando observaba con horror las aplicaciones bélicas de sus colegas científicos alemanes en la Primera Guerra Mundial, contra la guerra y por la paz.

Además de la paz y la crítica a las guerras, sospechosas siempre de esconder oscuros designios de dominación, Einstein prestó apoyo a causas como la restauración de un Hogar Nacional para los judíos europeos, inmediatamente después de terminada la Segunda Guerra Mundial y del horror del holocausto causado por los nazis. Era como natural esta actitud, dado que él mismo fue víctima de la discriminación y la persecución en su Patria por su origen judío. Esto lo acercó a los sionistas en aquellos años, pero no obstante para separarse de un compromiso irrestricto con esa corriente política. Incluso en el año 1948, justo cuando la ONU aprobara la partición de Palestina para establecer el “Hogar nacional Judío”, el célebre científico envió una carta a Shepard Rifkin, líder sionista de Estados Unidos, indicando:

“Estimado señor,

Cuando una catástrofe real y final caiga sobre nosotros en Palestina, el principal responsable por ésta será Gran Bretaña, y el segundo responsable serán las organizaciones terroristas nacidas desde nuestras propias filas.

No me gustaría ver a alguien asociado con esa gente criminal y engañadora

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

### **Albert Einstein”**

Einstein se refería como “organizaciones terroristas”, a los grupos sionistas en Palestina, como Haganá, Palmaj, Irgún o Stern, armados y entrenados por Gran Bretaña, para generar terror en Palestina y obligar a los palestinos a dejar sus hogares, mediante masacres y asesinatos de todo tipo. Esta carta fue en respuesta a las solicitudes de los sionistas para contar con el apoyo de Einstein. Fue escrita el 10 de abril de 1948, un día después de que el mundo conociera los resultados de la horrorosa masacre de Deir Yassin, donde unos 254 aldeanos palestinos fueron asesinados y mutilados por bandas sionistas y fue aprovechada y publicitada por el sionismo para generar temor y el éxodo de los palestinos de sus hogares y tierras.

De modo que el gran científico no estaba demasiado lejos de este mundo de horrores y engaños. Tan determinantes para él eran las coordenadas del continuum espacio-tiempo y las de su imaginación, como las coordenadas de los principios morales y el amor a la Humanidad.



## CAPÍTULO X

# CIENCIA, RUTINAS Y AVENTURAS



[www.mawil.us](http://www.mawil.us)



## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

Hay desacuerdos acerca de la valoración de la actividad científica y sus efectos en la especie humana y en aquellos que la practican. Como en todo, hay quienes ven el vaso medio lleno; otros, medio vacío, y hay el tercer grupo que se toma el líquido. Unos lloran, otros ríen, y hay los del tercer grupo que venden pañuelos. El mundo fue y será una porquería, como dice el tango.

De este modo, para pensadores tan respetados y citados como Nietzsche y Weber, la ciencia enfriá a los humanos y desencanta al mundo, al hacer a aquellos impersonales, calculadores, lógicos en fin, y, por otro lado, reducir la proliferante riqueza de la Naturaleza en unas cuantas leyes científicas, algunas de ellas reducidas a fórmulas algebraicas muchas veces odiosamente ininteligibles para los humanos de a pie. Las historias que hemos relatado, al permitirnos acercarnos un poco más a las personas que, con sus pasiones, alegrías y tristezas, manías y virtudes, trastornos y reacciones, hacen ciencia y lograron descubrir algo que revolucionó para siempre el conocimiento y la visión que el común tiene del mundo, nos han mostrado un rostro al cual podemos mirar a los ojos, sentir empatía, aunque sea un poquito, y afirmar lo contrario: hay mucha calidez y maravilla en la ciencia.

Es más: protagonistas de la ciencia, como el gran Einstein, decía que lo que más le motivaba a trabajar y esforzarse por desentrañar los enigmas que se le presentaban en sus investigaciones, era el asombro, la maravilla, la sorpresa. Con ello (seguro lo sabía) repetía un motivo que también encontrarnos en Platón y en su maestro, Sócrates, hace muchos siglos. Por supuesto: nada que ver tienen el modo de vida de aquellos aristócratas del pensamiento contemplativo, que se extasiaban cada vez que descubrían una respuesta al gran misterio que se le ofrecía con cada amanecer, y el de un atareado empleado de una oficina de patentes, preocupado por reunirse otra vez con su compañera en el amor y en la física, en gran parte autodidacta por las dificultades de su época para el estudio y para conseguir un empleo adecuado en la Gran Academia donde, además, lo despreciaban por motivos racistas. Pero lo cierto es que este que sintieron los grandes del pensamiento, es el mismo placer del niño al descubrir cómo sale el sol o la cantidad de hormigas que acuden a un fruto caído en el suelo.

Es más: como ya contamos, el propio Einstein recalca que, más que atenerse a unas instrucciones rigurosas, él prefería para resolver un rompecabezas físico, jugar libremente con su mente e imaginarse de pasajero de un tren que

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

vuela a la velocidad de la luz. De modo que nada de enfriarse y desencantarse del mundo, amigos Nietzsche y Weber: la ciencia parece movida por placeres, muy peculiares es cierto, pero gustos que al fin y al cabo atan a hombres y mujeres más que cualquier rutina o trabajo aburrido. Por supuesto, los mismos Nietzsche y Weber se les nota la pasión y el gusto que les empujaban para obtener esas ideas que sabían a verdad. “No lo nieguen”, nos provoca decirles en un diálogo imaginario: “¡ustedes también gozaron descubriendo todo eso!”.

Claro, aquí pesa sobre nuestras cabezas una tradición de educación en la ciencia que la presenta solamente desde su *contexto de justificación* y casi no habla de su *contexto de descubrimiento*.

Aclaremos: en filosofía de la ciencia, se llama contexto de justificación a las distintas pruebas, datos o demostraciones que el científico aporta para la justificación y defensa de la verdad de sus hipótesis ante la comunidad científica. Allí se incluyen los elementos y factores más propiamente científicos y racionales de la investigación científica. Es como el discurso de un abogado ante un tribunal, conformado en este caso por los graves colegas de la comunidad científica, a quienes, por supuesto, hay que convencerlos con suficientes hechos probatorios y racionamientos de lógica impecable para sustentar la tesis de culpabilidad o inocencia... ¡perdón! De verdad verificada o falsada o interpretada. Por otro lado, se encuentra el contexto del descubrimiento que se refiere a los factores que influyen en la creación de una teoría científica. Allí hay que incluir elementos no estrictamente racionales tales como los psicológicos, filosóficos, culturales, políticos, biográficos, etc., que pueden influir en el éxito de una teoría ante la comunidad científica.

Hasta más o menos la década de los sesenta, el de justificación era el contexto que más importancia tenía en las academias de todo el mundo. Pero después de una cantidad de publicaciones fundamentales en el campo de la epistemología, es decir, la disciplina que se dedica a reflexionar acerca de la ciencia, sus alcances, sus criterios, su lenguaje, etc., ya el panorama nunca volvió a ser el mismo.

Por un lado, a una epistemología filosófica y normativa, que afirmaba especialmente cómo debía ser la ciencia, sucedieron estudios históricos y descriptivos que abordaron cómo había sido, en los hechos, la actividad de los científicos. Pero la historiografía acerca de la ciencia pronto se encontró con que, para se-

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

uir acumulando hechos, lo cual por supuesto no bastaba, debían tenerse algunos criterios de selección e interpretación, y estos, a su vez, debían justificarse razonablemente con conceptos. Naturalmente, salieron a la superficie aspectos psicológicos y biográficos, pero también políticos e históricos, y finalmente culturales, en asuntos como los antecedentes de las nuevas ideas, cómo fueron posibles y por qué, a la postre, y después de una resistencia denodada, terminaron por ser aceptadas por las comunidades científicas, a veces con el costo de su reestructuración, con todo lo que ello implica: cambios de planes de estudio en las universidad3es, reorientaciones en el financiamiento de investigaciones, cambios en los lenguajes, modelos, teorías y conceptos. En otras palabras, los cambios en la ciencia, como en los que se producen en cualquier otra esfera de actividad humana, costaron.

Dos autores (no son los únicos; hay otros tan importantes como ellos, como vimos en el primer capítulo) sobresalen entre los muchos que determinaron este cambio del interés epistemológico hacia el contexto del descubrimiento: Thomas Kuhn con su libro “La estructura de las revoluciones científicas” (primera edición, 1962. Edición usada de 1983 en español) y Paul Feyerabend con su texto “Contra el método” (primera edición 1974. Edición usada en español: 1981). No es este el espacio para la exposición y discusión exhaustivas de las respectivas obras. No es nuestro objetivo. Ello ameritaría, por lo demás, varios libros. Sólo queremos insistir en este capítulo, que debe fungir como una especie de conclusión no definitiva de una pequeña muestra de la vida y obra de ocho grandes científicos, en algunas ideas acerca de la ciencia que se desprenden de esta epistemología de orientación histórica y descriptiva.

Uno de los más importantes aportes de Kuhn fue cambiar la imagen del desarrollo histórico de la ciencia que, antes de él, lo presentaba como una tranquila acumulación de descubrimientos y pruebas de hipótesis. Algo así como un proceso de engorde por comer hamburguesas. O un paisaje donde varios afluentes y riachuelos van a engrosar el cauce magnífico de una gran río que marcha poderoso, invencible e impertérrito, hacia el mar de la verdad. Dicho de otra manera, ya para Kuhn la historia de la ciencia no da cuenta de un proceso continuo, sino discontinuo. Lleno de interrupciones, pugnas, problemas, anomalías, desviaciones y cambios radicales. Por algo, el libro más famoso y significativo de Kuhn se titula “La estructura de las revoluciones científicas”.

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

¿Cuál es esa estructura o forma que adopta la historia y las revoluciones de la ciencia? Kuhn trata de ordenar los eventos de acuerdo a varios momentos. Primero, hay la conformación de lo que él caracteriza como “ciencia normal”. Este es el tiempo en el cual toda una comunidad científica se unifica en torno a unos cuantos trabajos ejemplares que sirven como referencia para la formación de las nuevas generaciones de científicos en la disciplina en cuestión, por cuanto cuentan con la aprobación de todo el colectivo académico. Se forma así un modelo de la ciencia para sí misma. Esos trabajos ejemplares, colocados allí para ser seguidos, reflejan los consensos de la comunidad: valores, métodos, conceptos, lenguaje. Los experimentos y observaciones buscan fundamentalmente repetir las certezas ya asentadas en una teoría respetada por todos. Se inventan instrumentos que mejoran la precisión de las mediciones y observaciones. Hay completamientos de los esbozos. Se llenan los espacios vacíos, pero ya dibujados en contornos más o menos precisos. Se ponen a prueba el ingenio y las habilidades para llenar el crucigrama de algunos enigmas y colocar las piezas de rompecabezas ya previstos por la imagen general que brindan las teorías establecidas. Se insiste una y otra vez en el abordaje de los problemas ya definidos por los paradigmas aceptados. Las teorías y metodologías instaladas en los centros de investigación y las cátedras, establecen las reglas en el marco de las cuales se desarrollan las investigaciones, cuyas posibles soluciones y avances ya están predeterminadas por las teorías ya aceptadas.

Pero ocurre que aquellos problemas que el paradigma había dejado a un lado, así como algunos resultados sorprendentes, pero sobre todo inaceptables para el establecimiento científico, se la cobran completas por su marginamiento. Se producen *anomalías*. Con este concepto, Kuhn se refiere a aquellas situaciones, oscuridades, enigmas verdaderos, problemas, a los que ni siquiera se sabe plantear. Las esas realidades anormales salen a flote, y evidencian que algo ya no está bien en el paradigma. Se presenta entonces una crisis. Algunos científicos lo atisban porque logran percibir el estancamiento y las anomalías. Las crisis pueden persistir indefinidamente, sin amenazar demasiado el confort de las convicciones instaladas en la comunidad científica. Pero, como en el caso de las infecciones del cuerpo, comienzan a presentarse las fiebres: los síntomas de la crisis.

Uno de esos síntomas es la proliferación de propuestas de respuestas a los interrogantes que la ciencia establecida no sabe ni siquiera cómo plantear. Así

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

vuelve a presentarse la situación que alguno recordará en la comunidad de aquel tiempo ya lejano cuando todavía un paradigma no había logrado un total consenso en la comunidad científica.

Entonces, todo anuncia que viene la *revolución*.

Kuhn no explica con un criterio racional, estos desplazamientos que él llama “revoluciones”. Esta es la queja principal de sus críticos, aparte de ciertas imprecisiones y ambigüedades, que comienzan con la definición misma del concepto clave de *paradigma*. El autor se limita a describir los cambios que pueden ser bastante radicales. Prácticamente cambios de juego, no solo cambios de contenidos, sino de las reglas mismas de llevar a cabo la actividad: estábamos a punto de meter un gol y, de pronto, el objetivo es más bien hacer jaque mate.

En este punto precisamente, nos encontramos con algunos de los que nos hemos referido en este libro y otros similares: Galileo, Newton, Einstein, Lavoisier, Pasteur. Descubrimientos tales como la refracción de la luz, la matematización de las leyes fundamentales del movimiento en el Universo, los gérmenes, la evolución de las especies biológicas, la relatividad general y amplificada, los cuantos, las partículas subatómicas y su peculiar mecánica cuántica, el inconsciente, etc., no sólo aumentan nuestros conocimientos, sino que cambian las maneras mismas de conocer, los métodos, los conceptos, el lenguaje, los modelos.

Kuhn llama la atención acerca de la proliferación de propuestas, teorías y conceptos que se produce justo cuando un paradigma entra en crisis. Situación semejante al del nacimiento de una nueva ciencia normal. La aparición de varios competidores en la escena de la disputa por los nuevos acuerdos en el seno de la comunidad científica, urge por criterios para la decisión. Es justo allí que Kuhn se detiene en la descripción. Como dijimos en el primer capítulo, otros epistemólogos, Lakatos por ejemplo, proponen criterios racionales para la elección del paradigma más adecuado: se podrían explicar algunos fenómenos de los que abarca el paradigma establecido, plantearía nuevas hipótesis para fenómenos que inicialmente no tenían nada que ver con los abordados hasta ese momento, en otras palabras, la mayor abarcabilidad de las nuevas propuestas teóricas y metodológicas sería una razón para escoger ante el abanico de posibilidades que surge en momentos de crisis.

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

Otro enfoque es el que se centra en las actitudes del investigador revolucionario. No se trata solamente de disposición y preferencias psicológicas, individuales, que incluyen inclinaciones emocionales y afectivas (como podría ser, por ejemplo, la colaboración de la pareja, como en el caso de Einstein y Lavoisier, o el hipotético síndrome de Asperger del taciturno Newton) sino de cierto clima cultural también. Algo así como las líneas de la investigación histórica de la ciencia que propone Holton y que comentamos en el primer capítulo. La historia externa (política, guerras, cambios institucionales en las academias, tendencias artísticas, etc.) tiene efectos en la historia interna (los experimentos, la concepción teórica y conceptual, la historia de cada concepto).

En este contexto, la propuesta de Feyerabend, resulta especialmente refrescante. Leamos, por ejemplo, estas sugerencias acerca de cómo educar a los estudiantes y eventualmente producir un libro sobre investigación científica de provecho para quien quiera acercarse a estos temas:

*El propio error es un fenómeno histórico. Una teoría del error habrá de contener por ello reglas basadas en la experiencia y en la práctica, indicaciones útiles, sugerencias heurísticas mejor que leyes generales, y habrá que relacionar estas indicaciones y estas sugerencias con episodios históricos para que se vea en detalle cómo algunas de ellas han llevado al éxito a algunas personas en algunas ocasiones. Desarrollará la imaginación del estudiante sin proveerle de prescripciones y procedimientos ya preparados e inalterables. Habrá de ser más una colección de historias que una teoría propiamente dicha, y deberá contener una buena cantidad de chismorreos sin propósito de los que cada cual pueda elegir aquellos que cuadre con sus intenciones. Los buenos libros sobre el arte de reconocer y evitar el error tendrán mucho en común con los buenos libros sobre el arte de cantar, de boxear o de hacer el amor (Feyerabend, 1981: 11).*

Reconocer que el error, no es sólo algo que hay que saber detectar y evitar, sino que es algo inevitable y hasta necesario para poder avanzar, es ya un replanteamiento importante desde un punto de vista epistemológico y metodológico. Nótese que este paso conceptual es más audaz y rompe con más prejuicios acerca de la ciencia, donde supuestamente se halla toda la corrección y verdades definitivas, que la concepción de Popper, comentada en el primer capítulo. Para

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

el filósofo inglés, las teorías científicas, no son más que sistemas de conjeturas e hipótesis, cuya condición de científicas viene dada por la posibilidad de refutarlas, y en ello se va toda la actividad científica. De hecho, Einstein señalaba que no existe ninguna relación directa o de motivación entre los conceptos y los hechos que pretenden referir o explicar, por lo que la relación entre una teoría y los eventos que desea explicar se parece más a la existente entre la ficha que nos da la cuidadora de los abrigos a la entrada de ciertos restaurantes en Europa y la prenda en cuestión, que entre el olor de la flor y la flor. En otras palabras, la palabra azul no tiene por qué ser azul ella misma.

Pero el mismo Einstein nos decía que una de sus cualidades como científico había sido su terquedad, por un lado, y su “oportunismo epistemológico”, es decir, la disposición a cambiar de postura filosófica, racionalista o empirista, según como vayan las circunstancias de la investigación del momento. De modo que, para el investigador, sus conjeturas más o menos construidas en forma lógica, a la manera de teorías o sistemas de conjeturas y suposiciones, deben ser, igual, moldeables, blandas, por un lado, y por el otro, suficientemente duras y atractivas como para sostener tercamente una interpretación de los hechos observados.

Feyerabend intenta fundamentar su nuevo ideal de ciencia y de educación científica, en premisas filosóficas, pero sobre todo políticas. De hecho, se declara anarquista, y en nombre de un ideal libertario del Hombre. La educación científica basada en reglas y normas rígidas, basadas en una supuesta lógica de validez universal, le parece como los estrechos zapatos que deformaban los pies de las niñas los chinos antiguos. La educación científica normativa y lógica (en otras palabras, la del neopositivismo) inhiben la intuición, los pálpitos, las inspiraciones. Según esa triste concepción epistemológica, ni las creencias religiosas, sentimientos o sentido del humor debieran tocar la impoluta actividad científica que desarrolla ese pobre hombre completamente constreñido en que se convertido el científico. En esto también se puede apelar a ciertas ideas de Einstein sobre su propio trabajo de científico, con la relevancia que le daba al “libre juego de la mente” y la convocatoria a la imaginación para afrontar los más arduos problemas científicos.

Algunos de los héroes cuyas vidas hemos reseñado se atuvieron a las reglas, pero la fuerza de sus descubrimientos les obligó a plantear, por lo menos, una revolución en los conceptos. Unos, se atuvieron a las reglas de la academia es-

## LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES

tablecida: Pasteur, incluso el propio Darwin quien, de no haberse embarcado en aquella embarcación hoy legendaria, tal vez habría terminado siendo un fervoroso y conservador beato; sólo para después descolocar al propio Ser Humano de la culminación de la Creación Divina. Otros, se rebelaron violentamente, con el ímpetu de la lucha por el poder, como en el caso de Bacon, o la porfía de otros que intuyeron profundamente su triunfo, así fuera dentro de una disciplina de la cual serían igual el Padre, el Maestro y el Jefe, como Freud. Hubo quienes se sacudieron prejuicios de sexo y de etnia, como son los casos, no sólo de Madame Curie, la gran Dama de las Radiaciones, abnegada y disciplinada, sino también esas compañeras resueltas en la investigación científica revolucionaria, como Mileva Maric, al lado del desconocido judío Einstein, quien insurge desde los márgenes de la academia física, o la señora Lavoisier que decidió no reclamar su colaboración en el profundo cambio de la química que promovió el descubrimiento de su marido. Incluso, hubo quienes se acercaron a la arrogante toma de la razón, como Newton, presidente de la Royal Society, disputando fieramente su primacía.

Conocer esas vidas, regocijarnos de esas victorias contra los prejuicios, contra las teorías establecidas, contra las jerarquías de la academia, nos señalan un camino de aventuras. Nada que ver con un ideal rutinario de la ciencia, llena de escrúpulos lógicos y normativas osificadas. Ese ideal de ciencia, como dice Feyerabend, incluso entra en contradicción con cualquier concepción humanística.

*Abandonar el ideal (de la epistemología normativa y lógica) como indigno de un hombre libre significa abandonar los standards y confiar enteramente en las teorías del error. Pero entonces estas teorías, estas sugerencias, estas reglas basadas en la experiencia y la práctica, han de recibir un nombre nuevo. Sin standards de verdad y racionalidad universalmente obligatorios no podemos seguir hablando de error universal. Podremos hablar solamente de lo que parece o no parece apropiado cuando se considera desde un punto de vista particular y restringido; visiones diferentes, temperamentos y actitudes diferentes darán lugar a juicios y métodos de acercamiento diferentes (Feyerabend, Ob. Cit.: 13).*

Luego de haber conocido algunos aspectos resaltantes de la vida y obra de los grandes descubridores, como fue la intención de este libro, no podemos dejar de

## **LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

llamarnos la atención esta concepción epistemológica que le abre las puertas a la imaginación, al sentido del humor, incluso al juego (como ya vimos, también con Einstein), más adecuada a una época en que la innovación se ha hecho cosa diaria y las puertas de la ciencia han sido abiertas de par en par hacia un futuro de increíbles posibilidades, que, más que límites metodológicos, ameritan orientaciones éticas y políticas para evitar ciertas consecuencias indeseables como la contaminación ambiental, el cambio climático, la transformación genética de la propia especie humana, la robotización universal que dejaría sin trabajo a la gran masa, etc.

Pero el tema de las implicaciones éticas y políticas de la actividad científica tendría que ser el tema de otro libro.





## BIBLIOGRAFÍA



[www.mawil.us](http://www.mawil.us)



**LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA  
Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

**Bacon, Francis (1892).** Novum Organum. Aforismos sobre la interpretación de la naturaleza y el reino del hombre. Barcelona: Orbis.

**Berlin, Isaiah (2004).** Conceptos y categorías. Ensayos filosóficos. Fondo de Cultura Económica. México.

**Curie, Ève (1986).** La vida heroica de Marie Curie. Descubridora del radio. Madrid: Espasa Calpe, S.A.

**Curie, Marie (2011).** Escritos Biográficos. Barcelona: UAB.

**Dampier, William Cecil (1997).** Historia de la ciencia y sus relaciones con la filosofía y la religión. Editorial tecnos. Barcelona. España.

**Darwin, Charles (1993).** Darwin. Autobiografía. Madrid: Alianza Editorial.

**Darwin, Charles (1958).** The origin of species. New York: Penguin Books.

**Eldredge, Niles (2009).** Darwin, el descubrimiento del árbol de la vida. Buenos Aires: Katz Editores.

**Einstein, Albert et al, Schilpp, Paul Arthur (editor) (1959).** Albert Einstein, philosopher and scientist. Harpers Torchbooks. New York. United States of America.

**Feyerabend, Paul (1981).** Contra el método. Ariel editores. Barcelona.

**Foucault, Michel (2001).** Las palabras y las cosas. Siglo XXI editores. Barcelona. España.

\_\_\_\_\_ (2004). Arqueología del Saber. Editorial Siglo XXI. México.

\_\_\_\_\_ (2006). El orden del discurso. Editorial Siglo XXI. México.

**Freud, Sigmund (1973).** Autobiografía. Madrid: Alianza.

**LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA  
Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

**García Estébanez, Emilio (2006).** Francis Bacon. Nueva Atlántida. Madrid: Akal.

**García, Horacio (2007).** Marie Curie. La cacería de lo inestable. México: Pax. González, Wenceslao (2009). Evolucionismo: Darwin y enfoques actuales. España: Netbiblo.

**Harré, Rom (2005).** 1000 Años de Filosofía. México: Taurus.

**Heisenberg, Werner (1976).** La imagen de la Naturaleza en la física actual. Ariel editorial, Barcelona. España.

**Holton, Gerald (1988).** La imaginación científica. Fondo de Cultura Económica. México.

\_\_\_\_\_ (1998). Einstein, historia y otras pasiones. Taurus editorial. Madrid.

**Jiménez, Fernando (2003).** Sigmund Freud. Biografía de un deseo. Libros en red.

**Jones, Ernest (1981).** Vida y obra de Sigmund Freud. Barcelona: Anagrama.

**Kant, Emmanuel (1957).** Crítica de la Razón Pura. Biblioteca filosófica. Editorial Losada. Madrid.

**Kuhn, Thomas (1983).** La estructura de las revoluciones científicas. Fondo de Cultura Económica. México.

**Lakatos, Imre (1989).** La metodología de los programas de investigación científicos. Alianza Universidad. Madrid. España.

**Losee, John (1989).** Filosofía de la ciencia e investigación histórica. Alianza Universidad. Madrid. España.

**Lyotard, Jeann Francois (1986).** La condición Postmoderna. Cátedra editores. Madrid.

**LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA  
Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES**

**Lotman, Yuri (1998).** La semiosfera (Tomo II). Cátedra Universita de Valencia. Madrid

**Lluberes, Pedro (2006).** Unidad, método y matematización de la naturaleza. Comisión de Estudios de Postgrado, Facultad de Humanidades y Educación, Universidad Central de Venezuela. Caracas. Venezuela.

**Malcolm, Janet (1983).** Psicoanálisis: La profesión imposible. Buenos Aires: Emecé.

**Margulis, Lynn (2003).** Una revolución en la evolución. España. España: Universidad de Valencia.

**Monod, Jacques (1971).** El azar y la necesidad. Ensayo sobre la filosofía natural de la biología moderna. Monte Ávila editores. Caracas. Venezuela.

**Morin, Edgar (1988).** El método III. El conocimiento del conocimiento. Editorial Cátedra. Madrid.

**Popper, Karl (1998).** Los dos problemas fundamentales de la epistemología. Basado en manuscritos de los años 1930-1933. Editorial Tecnos. Madrid. España.

**Rossi, Paolo (1990).** Francis Bacon: De la magia a la ciencia. Madrid: Alianza.

**Thagard, Paul (1992).** Conceptual Revolutions. Princeton: University Press.

**Vallery Radot, René (1937).** La vida de Pasteur. La sublime obsesión de un genio. París: Flammarion.

**Wallerstein, Immanuel (2005).** Las incertidumbres del saber. Gedisa editorial. México.

# LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES



Publicado en Ecuador  
Enero del 2019

Edición realizada desde el mes de agosto del año 2018 hasta octubre del año 2018, en los talleres Editoriales de MAWIL publicaciones impresas y digitales de la ciudad de Quito.

Quito – Ecuador  
Tiraje 300, Ejemplares, A5, 4 colores



<http://dx.doi.org/10.26820/mawil/la-investigacion-978-9942-787-37-8>

# LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LOS GRANDES DESCUBRIDORES



*PhD. José María  
Lalama Aguirre Lcdo. Mg.*



*PhD. Silvia  
Montes Cruz Ing.*



*Mg. Patricia Geraldina López  
Fraga Dra. Lcda.*



*PhD. Raúl Bolívar Cárdenas  
Quintana Mg. Dr. Lcdo. Esp.*

ISBN: 978-9942-787-37-8



9 789942 787378



<http://dx.doi.org/10.26820/mawil/la-investigacion-978-9942-787-37-8>