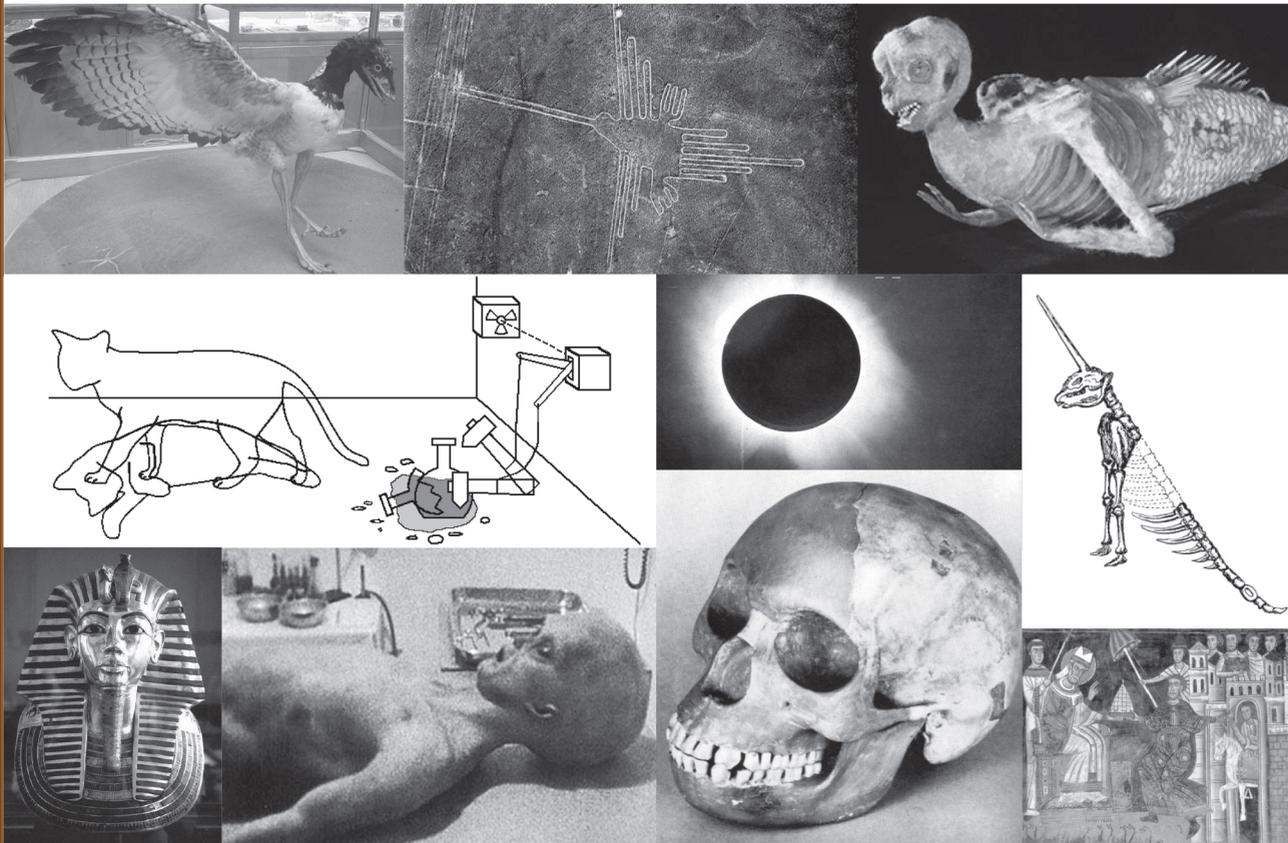


Lo Bueno, lo Malo y lo Feo de la Actividad Científica

Y de Nuestra Visión del Universo



Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
METROPOLITANA
Unidad Iztapalapa

Caupolicán Muñoz Gamboa

Lo Bueno, lo Malo y lo Feo de la Actividad Científica.

Y de Nuestra Visión del Universo

Caupolicán Muñoz Gamboa

UAM - IZTAPALAPA



Casa abierta al tiempo

Dr. Salvador Vega y León
Rector General

Mtro. Norberto Manjarrez Álvarez
Secretario General

UNIDAD IZTAPALAPA

Dr. José Octavio Nateras Domínguez
Rector

Dr. Miguel Ángel Gómez Fonseca
Secretario

Dr. José Gilberto Córdoba Herrera
Director de la División
de Ciencias Básicas e Ingeniería

LO BUENO, LO MALO Y LO FEO DE LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA

Primera edición: 2016

© UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA-IZTAPALAPA
Av. San Rafael Atlixco No. 186, Col. Vicentina, Del. Iztapalapa,
C. P. 09340, México, D. F.

ISBN COLECCIÓN: 978-607-28-2107-1

ISBN VOLUMEN: 978-607-28-2127-9

Impreso y hecho en México / Printed in Mexico

Lo Bueno, lo Malo y lo Feo de la Actividad Científica.

Y de Nuestra Visión del Universo

Una revisión de los aspectos positivos y negativos de la actividad científica, así como de las ideas que muchas personas tienen sobre su vida y el universo. Aunque suelen creerlas sin mayor crítica, casi siempre lo hacen con el fin de conformar una visión personal de la existencia y con esta visión disponer de un punto de partida y de un objetivo de vida.

Caupolicán Muñoz Gamboa

UAM - IZTAPALAPA

Contenido

Introducción	9
Capítulo 1.	
Lo Bueno del Quehacer Científico y de Nuestra Visión del Universo	13
Consideraciones	16
Características de la Ciencia	18
Lo que la Ciencia comparte	20
Lo que le es Propio	21
La prueba experimental	21
La confianza en el consenso informado	21
Sus Circunstancias	21
Lo Bueno de la Ciencia	23
El experimento controlado clásico	24
La prueba de las predicciones que generan las hipótesis	26
La construcción de modelos	27
El experimento pensado	28
El experimento indirecto	33
El Proceso de la Investigación	34
Los Grandes Resultados de la Ciencia	35
El modelo del átomo en física	35
La Tabla Periódica de los elementos en química	37
Las placas tectónicas de la geología	38
El <i>Big Bang</i> en astronomía	39
La evolución por selección natural de la biología	40
Conclusiones	41
Bibliografía	42

Capítulo 2.

Lo Malo del Quehacer Científico y de Nuestra Visión del Universo	43
Lo Negativo del Quehacer Científico	43
La influencia del experimentador	44
La influencia intencional y prejuiciada	51
El sesgo cultural o religioso	54
El engaño premeditado	59
El oportunismo	63
La intención política o militar	63
Las limitaciones de la medición	66
El uso erróneo de los datos	67
Conclusiones	70
Bibliografía	70

Capítulo 3.

Lo Feo del Quehacer Científico y de Nuestra Visión del Universo	73
Errores y Fraudes Cometidos por Personas Comunes y Corrientes	74
Visitantes precolombinos	74
El gigante de Cardiff	74
Hadas en el jardín	75
La publicidad subliminal	76
Los Círculos en el Trigo	76
Los Errores más Destacados Cometidos por Científicos	78
Demasiado bueno para ser verdad	78
Morton y la capacidad craneana	80
Los rayos N	81
Michelson y la velocidad de la luz	82
Los Engaños más Famosos	83
El hombre de Piltdown	83
La tribu de los Tasaday	84
La fusión fría	85

El Escándalo	87
Cyril Burt y la herencia del IQ	87
Principios de Ética	88
Conclusiones	90
Bibliografía	91
Capítulo 4.	
Reflexiones diversas	93
¿Cuánto va a Tardar?	94
Simultaneidad	96
Entonces, ¿Cuándo Comenzó el Siglo?	101
¿El Huevo o la Gallina?	106
¿Desperdicio?	110
Evolución y Genoma	112
Pedigrí	114
Conclusiones	117
Bibliografía	117

Introducción

En algún momento todos hemos reflexionado sobre la vida, la existencia y el universo, porque posiblemente sea una de las actividades más interesantes del ser humano ya que con ella tratamos de explicarnos los misterios del mundo. En esta reflexión cae necesariamente una gran cantidad de creencias personales, que pertenecen al terreno de la fe, ya sea que hayan sido comprobadas o no. Pero dentro de esta reflexión también cae la ciencia, que intenta convencernos un poco mejor con su particular método de comprobar y acumular conocimientos.

Aunque estas actividades humanas no sean perfectas, todas tienen por objetivo resolver estos misterios, aunque no lo alcancen por completo. Por ello resulta muy gratificante comprobar que, no obstante las innatas limitaciones así como a pesar de las innegables debilidades del género humano, con estas actividades ha demostrado conservar una brizna del fuego robado a los dioses por Prometeo.

La curiosidad es, sin duda, una de las características más destacadas del género humano. Por ello a lo largo de la historia, e inclusive de la prehistoria, los grupos humanos se han caracterizado porque en mayor o menor medida han dedicado parte de su actividad a reflexionar sobre su papel en el universo. En esta preocupación han sido capaces de construir increíbles estructuras de pensamiento que han adquirido diferentes formas en las distintas civilizaciones a lo largo del desarrollo humano.

Otras especies muestran asociaciones estructuradas que han permitido a estos grupos cohesionarse, sobrevivir y protegerse mutuamente. Desde los enjambres de abejas y hormigas, hasta los elaborados grupos de simios

muestran estas características básicas. Sin embargo, las primeras tribus de homínidos prehistóricos desarrollaron no solamente un lenguaje vocal avanzado sino que también, por ejemplo, el culto a los muertos. Con ello elevaron el nivel de su visión del mundo material hacia una concepción inmaterial que lo trascendiera y que podían imaginar como una continuación que creían natural de éste. Sin embargo, como posiblemente no lograron entender con claridad esta conclusión porque, obviamente, rebasa los límites del entendimiento incluso del mundo civilizado actual, de todas formas llegaron a desarrollar la idea que la existencia podría continuar en otros mundos no materiales y la adoptaron, incluso, como una forma de vida.

Por supuesto, esta manera de ver la realidad da origen no solamente a las creencias populares, sino que también a las religiones, ya que todas sugieren la existencia de universos, mundos, regiones o ámbitos que se alcanzan únicamente después de la muerte física, ya que suponen que los seres humanos tienen que disponer de un componente inmaterial e invisible que persiste después de la muerte. Naturalmente que como tales cuestiones no pueden comprobarse, las creencias y particularmente religiones se desarrollan en el terreno de la fe, por lo que todas estas concepciones implican una creencia y un quehacer orientado por dichos preceptos. Tal circunstancia logra que quienes se conducen bajo estas normas adquieran una visión especial y compartida de la vida, del universo y del papel que deben desempeñar en este mundo antes de proceder póstumamente al nivel superior que denominan cielo, gloria, gracia, nirvana o paraíso, entre otras. En este sentido, han logrado construir no solamente una concepción del mundo, sino que también un sentido de pertenencia al grupo, de normas de conducta, de la distinción entre el bien y el mal, aunque estos conceptos no siempre coincidan con los reglamentos y las leyes civiles.

Sin embargo, la curiosidad del ser humano también ha dado lugar a la ciencia y con ella a la tecnología, a la que debemos el desarrollo actual. Por eso, casi no existen medicinas, aparatos u objetos de uso cotidiano que no hayan sido generados por distintos descubrimientos científicos o tecnológicos, que en síntesis han generado el progreso y el bienestar. Sin embargo, su mayor logro ha sido construir una concepción más elaborada y coherente del universo.

Pero, como todas las actividades humanas, la actividad científica no está exenta de errores y, algunas veces, puede ser terreno propicio para engaños

conscientes o inconscientes, así como para no pocos fraudes. Por esta razón en este libro se intenta mostrar, aunque sea someramente, todas las caras de esta actividad. En este propósito, el primer capítulo sobre Lo Bueno del Quehacer Científico y de Nuestra Visión del Universo trata de lo que es propiamente la ciencia, de cómo se caracteriza y diferencia de otras actividades humanas orientadas a generar una concepción de la naturaleza, para concluir detallando sus características distintivas y los más importantes logros alcanzados.

El segundo capítulo, en cambio, trata sobre Lo Malo del Quehacer Científico y de Nuestra Visión del Universo porque muchas veces a lo largo de la historia se han cometido errores de regular importancia por parte de destacados expertos, han habido resultados que han generado largas polémicas o que han sido cuestionados, pero también ha habido diversas actividades humanas que han sido influenciadas por prejuicios, así como en ocasiones se han suscitado conductas o se han presentado resultados producto del autoengaño, que han estado muy influidos por la credulidad, o por el poder de la autoridad, al mismo tiempo que también se ha hecho uso de supuestos resultados científicos para engañar o sacar provecho en beneficio propio.

El tercer capítulo, sobre Lo Feo del Quehacer Científico y de Nuestra Visión del Universo, entra de lleno en los casos más destacados en los que se han involucrado tanto personas comunes y corrientes, como algunos científicos distinguidos. Se señalan especialmente situaciones en las cuales muchas personas han cometido errores, se han dejado llevar por su ingenuidad, han exagerado sus descubrimientos o, de plano, han tratado de engañar a los demás. Todo esto, por supuesto, puede ser producto no solamente del interés personal sino que también a que muchos descubrimientos científicos chocan abiertamente con nuestras concepciones intuitivas, por lo que puede requerirse una visión más amplia de la realidad para aceptarlos. Por ello, parece necesario adaptar nuestras ideas más ingenuas a estos puntos de vista, con el propósito de armonizarlos con los nuevos descubrimientos para que nuestra concepción del universo sea más próxima a la realidad.

Por último, en el cuarto capítulo sobre Reflexiones Diversas se reúnen varios temas curiosos (y a veces un poco banales) que no siempre son del dominio público, con lo que se trata de completar una pequeña colección de especulaciones o dudas sobre diversos asuntos que, no por tener aparente-

mente poca importancia no pueden proporcionarnos interesantes temas de reflexión. Estas reflexiones incluyen conflictos muy reales como el tiempo que debe suponerse a un proceso, o lo que significa la simultaneidad. Asimismo, se incluyen algunas disyuntivas populares como la antigua pregunta sobre el huevo y la gallina, o si es posible definir con precisión el inicio de un siglo. Pero también se analizan asuntos un poco más serios como lo que significa el desperdicio, y los problemas asociados al pedigrí, al genoma y a la evolución.

Todos los capítulos, incluyendo esta Introducción, se inician con un epígrafe del autor que intenta resumir en breves palabras la esencia de su contenido. Además, como una forma de indicar las fuentes de información adicionales para cada uno de los capítulos, en todos ellos se ha incluido una bibliografía sobre los principales asuntos tratados. Desafortunadamente, los buenos textos, artículos técnicos y otros escritos, que son las referencias más apropiadas para los temas expuestos en el libro, se encuentran en inglés. Por tal razón, se ha tratado de incluir textos en español, aunque por desgracia éstos son más escasos. Sin embargo, los interesados en un tema en particular pueden buscar traducciones o textos locales que traten el tema, o bien, navegar en internet donde encontrarán mucha información. Esto último es una forma alternativa de la tradicional visita a la biblioteca, aunque debe tenerse cuidado con lo que allí se encuentra porque lamentablemente no toda la información es fidedigna, muchas veces es completamente errónea, suele haber información engañosa y algunos sitios son meras copias de otros en los que muchas veces los responsables no han tenido el cuidado necesario al desarrollarlos por lo que se han deslizado errores que los administradores de estas páginas no se han dado a la tarea de verificar.

También es importante destacar que las figuras que ilustran el texto han sido tomadas y adaptadas directamente de los originales, como las portadas de libros o los timbres de correo, pero también algunas figuras son fotografías del autor y otras son dibujos adaptados de los originales, aunque unas pocas de estas figuras han sido tomadas de fuentes libres que se encuentran disponibles en diferentes medios.

Finalmente, el autor desea agradecer a los árbitros anónimos que revisaron el primer manuscrito, porque con sus atinadas observaciones han mejorado la primera versión del texto y han permitido corregir varios errores que contenía.

México D.F., marzo 2016

Capítulo 1

Lo Bueno del Quehacer Científico y de Nuestra Visión del Universo

La ciencia (del latín *scientia*) es una de las muchas actividades humanas que se orientan a satisfacer algunas de las más esenciales aspiraciones del ser humano, como son la de entender la realidad y la de explicarse el universo en una forma coherente que sea fácil de comprender y aceptar, aspiraciones que sirven para darle sentido a la existencia del ser humano.

Sin embargo, si somos lo suficientemente sensatos, toda visión científica que tengamos del universo tarde o temprano se enfrentará con sus contradicciones, por eso, siempre será necesario que haya que adecuarla cada cierto tiempo. Pero, aunque esto parece ser una gran desventaja, es la característica más importante del pensamiento científico y también su mayor fortaleza.

En este capítulo se presentan en forma introductoria los aspectos positivos más importantes del quehacer científico y, al mismo tiempo, de la moderna concepción del mundo. Se hace énfasis en qué es realmente la ciencia, cuáles son sus relaciones con otros cuerpos de conocimiento, qué objetivos comparten, cómo se distingue de ellos, cómo la usamos para construirnos una visión propia del universo, y cómo realiza su actividad. Para ello se analizan sus métodos principales, cómo funciona el proceso de la investigación y cuáles han sido sus resultados más relevantes.

Una de las primeras cuestiones que debe abordar una persona interesada en comprender la realidad e iniciar la construcción del conocimiento es la

pregunta acerca de qué es exactamente la ciencia. Una definición muy general a esta inquietud puede ser la siguiente¹:

“Es la construcción del conocimiento por medio de la aceptación y el uso de una serie de principios generales, los cuales tienen que ser probados en forma experimental para producir resultados que puedan convencer a todo un conjunto de compañeros de trabajo”

En esta definición destacan tres aspectos primordiales que consisten en

- 1) La necesidad de aceptar las bases generales de trabajo,
- 2) La obligación del uso del experimento como el sustento de los resultados, y
- 3) La necesidad de la aceptación por parte de los compañeros de trabajo.

Con todo, esta definición debe completarse destacando cuáles son los principios generales que deben ser aceptados y utilizados en esta construcción, y por qué se necesita la aceptación de los resultados. Algunos de estos principios generales pueden describirse a través de simples suposiciones iniciales como las siguientes.

1. El universo es ordenado, de modo que es posible describirlo con rigurosidad;
2. Existe una relación natural de causa – efecto que siempre se cumple;
3. La realidad se encuentra más allá de las experiencias personales que cada quien tenga sobre esa misma realidad;
4. Las concepciones personales no pueden influir por sí solas en la realidad bajo ninguna circunstancia;

1 Existen varias definiciones oficiales en diversos diccionarios que la describen como “conjunto de hechos o verdades sistemáticamente organizados y que muestra el funcionamiento de las leyes generales”, “conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales”, “conocimiento sistemático del mundo físico o material obtenido a través de la observación y la experimentación”, “conocimiento que se distingue de la ignorancia o incompreensión”, entre otras.

5. El tiempo es continuo, por lo que los viajes en el tiempo no son posibles, al menos en forma similar a como entendemos los viajes por el espacio; y
6. La presencia física también es continua, de modo que los objetos permanecen en el tiempo y en el espacio independientemente de su transformación, declinación o de nuestra presencia como observadores.

Naturalmente que estos principios generales no son aceptados plenamente por todos, porque cada científico suele tener un punto de vista y de partida algo diferente. A pesar de lo anterior, siempre se acepta la mayor parte de ellos y, por lo general, la ciencia se construye rechazando terminantemente las ideas de solipsismo y egocentrismo, lo que significa que:

1. El universo *no es una ilusión* y su existencia es *completamente independiente del observador*, por lo que éste no lo controla, ni puede controlarlo solamente con su voluntad. Por otra parte, el universo permanece aunque no haya un observador presente, por lo que continúa existiendo a pesar de que nadie pueda confirmar su presencia.
2. Los pensamientos personales *no son una forma de realidad exterior*, así como *tampoco pueden influir en ella por sí solos*. Por tanto, la única forma en la cual puede ejercerse influencia en el desarrollo del universo es por medios físicos que interactúen con él y lo logren modificar.

Aunque no se ha mencionado en los párrafos anteriores, una gran característica de la ciencia es que siempre es posible cuestionar sus resultados cuando se dispone de suficientes datos, como se comentará más adelante, por lo que suele haber científicos que no comparten lo anterior, intentan rebatir alguno de estos planteamientos o pretenden construir la ciencia en otras direcciones, lo cual tiene como consecuencia que la enriquece. Esto es porque en la ciencia nada es definitivo, ya que todo es aceptado en forma provisional, a reserva de ser confirmado en reiteradas oportunidades. Por ello, en este capítulo se presenta solamente un punto de vista general que corresponde a una de las corrientes de pensamiento más usuales, por lo que no se pretende señalar que es el único punto de vista válido en estos asuntos.

Consideraciones

Con respecto a los principios generales conviene hacer las siguientes observaciones:

1. Si el universo no fuera ordenado, esto implica que no sería posible conocerlo adecuadamente, ni tampoco explicarlo razonablemente. Sería una colección aleatoria de cosas y hechos que no tendrían relación entre ellos y, por lo tanto, su ocurrencia sería caótica y no siempre sucederían de la misma forma;
2. En cuanto a la relación causa – efecto, es conveniente considerar que en el instante específico del *Big Bang*², se tiene un momento singular en el cual se inicia el tiempo. Por tal razón, en este único caso no puede aplicarse este principio porque no puede existir un “antes”, ya que el tiempo no se había iniciado;
3. No cabe duda que las experiencias personales sobre la realidad suelen ser exactamente interpretaciones personales y sesgadas de la misma realidad. Usualmente son causadas por situaciones concretas que dependen de la cultura donde la persona se ha formado, o que pueden haber afectado a la persona que las percibe, la que no siempre puede entenderlas ni explicarlas adecuadamente. El universo no es ni puede ser una ilusión, como puede ocurrir con algunas modernas experiencia de realidad virtual;
4. Como los pensamientos o concepciones personales no pueden modificar la realidad por sí solos, esto significa que la única manera de intervenir en la realidad es mediante acciones concretas que la modifiquen. En otras palabras, no hay fuerzas misteriosas ni poderes sobrenaturales que puedan ejercer influencia sobre la realidad;
5. La continuidad de la presencia física implica que las cosas no se crean, ni se destruyen espontáneamente, ya sea que las observe-

2 De acuerdo con uno de los más importantes resultados de la física, como se verá más adelante en “Los grandes resultados de la ciencia”, el *Big Bang* representa en síntesis la teoría que señala que el universo surgió a partir de un punto súper concentrado, o singularidad. El término *Big Bang* representa este suceso inicial como si fuera una gran explosión, y lo señala como el momento en el cual el tiempo inicia su transcurrir y aparece junto con el tiempo, la materia, la energía y el espacio, el que se encuentra en permanente expansión hasta la actualidad.

mos o que no lo hagamos. En otras palabras las cosas existen aunque no haya nadie que pueda comprobarlo; y

6. La continuidad del tiempo es una característica propia e individual de cada objeto o persona. No es concebible que algo aparezca o desaparezca de pronto sin una razón. El tiempo por otra parte, depende de la velocidad con que cada objeto o persona se desplaza por el espacio. Esto significa que, a pesar de su continuidad, dos individuos pueden tener diferente tiempo y compartir el mismo espacio como sucede en la conocida paradoja de los gemelos viajeros de Langevin³.

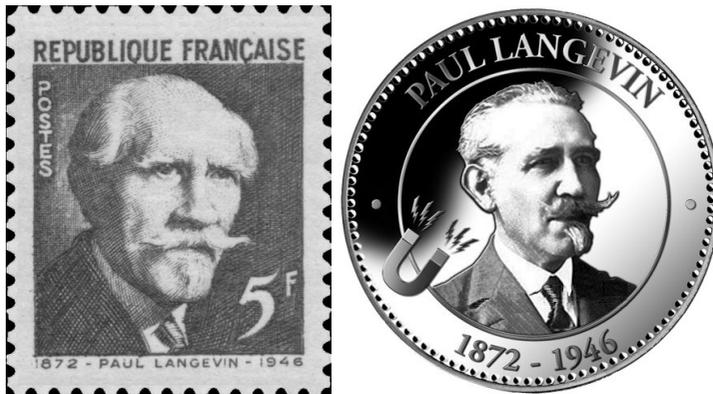


Figura 1.1 Timbre postal francés y moneda emitidos en homenaje a Paul Langevin.

³ Paradoja propuesta por el físico francés Paul Langevin (1872 – 1946), a partir de un experimento pensado planteado por Einstein. En verdad este planteamiento no es una paradoja, sino que es un intento de demostración que el tiempo no transcurre igual para todos y que nuestra concepción intuitiva de él no coincide en absoluto con la realidad. De acuerdo con esta supuesta paradoja el conflicto se presenta cuando uno de los gemelos viaja a una gran velocidad o muy cercana a la de la luz y regresa al punto de partida, donde se encuentra con su hermano que ha permanecido siempre allí. La consecuencia de este viaje es que el tiempo de cada uno de ellos ha transcurrido de manera diferente, por lo que en el encuentro resulta que el viajero ha envejecido más lentamente que su gemelo, porque para este último el tiempo ha fluido comparativamente más rápido. En otras palabras, el viajero podrá comprobar que su hermano es más viejo que él y que el resto de la familia que no ha viajado son personas mayores, mientras él sigue siendo joven.

Características de la Ciencia

Como herramienta útil en la construcción del conocimiento la ciencia no es el único instrumento, ya que el ser humano ha desarrollado a lo largo de su historia diferentes formas de adquisición del conocimiento. Cada una de ellas construye una estructura que puede tener bastante coherencia, que puede ser más o menos lógica, en muchos casos es muy completa y en ocasiones llega a ser excesivamente compleja por lo que muchas veces construye mundos imaginarios o fantásticos, pero que define un volumen de conocimientos que constituye parte importante de una cultura o de una subcultura. Algunos de estos acervos de conocimiento son los siguientes, los que se mencionan sin un orden, ni una clasificación especial:

1. Todas las formas artísticas, tanto las artes temporales como las espaciales y el arte popular. Esto es porque todas ellas definen una cultura y una visión particular del mundo;
2. Las costumbres de cada grupo humano, por ejemplo, la moda, el protocolo, los reglamentos y hasta las recetas de cocina conforman un acervo que trata de sistematizar la realidad;
3. Ciertos métodos terapéuticos populares, desde algunos más generalmente aceptados como la acupuntura, la homeopatía y la herbolaria, aunque sus resultados no hayan sido completamente demostrados, hasta otros menos reconocidos, como la medicina holística, la iridología y la macrobiótica cuyos resultados no han sido contrastados, ni comprobados experimentalmente;
4. Las artes marciales y otras disciplinas orientales, como por ejemplo, karate, origami, ikebana, feng shui y taichí, ya que son coherentes y también conforman visiones parciales del universo porque intentan explicarlo como formas especiales de vida;
5. La sabiduría popular, entre los que se encuentran los refranes, la predicción intuitiva del tiempo y los “secretos de naturaleza”, como los que son conocidos en el campo y en ciertas comunidades con tradiciones propias. Tales conocimientos suelen ser interpretaciones válidas de la realidad, aunque no siempre sean acertadas;

6. Las tradiciones populares y todas las reglas no escritas, como la mitología, los tabúes y el folklore, entre otras, aunque no todas estas manifestaciones puedan considerarse explicaciones válidas de la realidad, pero que han servido históricamente para explicar el mundo en forma más o menos coherente;
7. El pensamiento mágico, como por ejemplo los Reyes Magos, los cuentos de hadas y las leyendas de todo tipo que suelen ser características de ciertas regiones y países, las que obviamente corresponden a distorsiones o interpretaciones fantasiosas de la realidad;
8. Todos los géneros literarios, como los de ciencia ficción, detectives, vampiros, piratas y monstruos, porque crean universos particulares muy completos y usualmente coherentes, que son considerados como formas especiales de expresión cultural, aunque su objetivo no sea explicar el mundo;
9. Las imágenes de la realidad que construyen los medios de comunicación y que pueden montar algunas organizaciones. Ejemplos relevantes de ello son los casos históricos de Joseph Goebbels, la Alemania nazi y la propaganda en general, aunque en la actualidad los modernos medios de comunicación también suelen crear imágenes interesadas de la realidad;
10. Los rumores, los que circulan especialmente cuando no hay libertad de expresión o ésta se encuentra limitada, a pesar de que por ser rumores suelen ser interpretaciones distorsionadas de los hechos que se comentan;
11. Las creencias populares sobre el ocultismo y lo sobrenatural, tales como las supersticiones relacionadas con las artes mágicas, los hechizos y la brujería, no obstante que la visión del mundo que se obtiene con ellas no pasa de ser una creencia muy distorsionada;
12. Todas las formas de adivinación, como el tarot, la quiromancia, la lectura del café, la cartomancia y la astrología, entre muchísimas otras, aunque se haya demostrado en diversas oportunidades que sus resultados son predicciones vagas con un porcentaje de aciertos que raramente supera el simple azar;

13. En general, todas las formas de conocimiento que no están sistematizadas.

A pesar de su extensión, esta lista no está completa, ya que en forma similar a los casos mencionados, incluso la política, las religiones, los códigos legales y muchas aficiones como los juegos, los deportes o la cacería de ovnis, pueden considerarse formas de acumulación de conocimientos. Estas actividades o hobbies suelen tener muchos cultivadores y seguidores, ya que de alguna manera sirven para que estas personas intenten explicarse el mundo en el que vivimos o bien para formarse una concepción particular de él.

Lo que la Ciencia comparte

En este contexto, resulta interesante comprobar que todas estas disciplinas, o formas de interpretar la realidad, comparten con la ciencia algunos de sus objetivos como son los siguientes.

1. El deseo del ser humano de comprender el universo que nos rodea para desarrollarse mejor en él y responderse algunas de las interrogantes más apremiantes respecto de la propia existencia. Esto se resume tanto en la búsqueda de explicaciones y significados, como en la elaboración de una cultura propia que permita la obtención de satisfacciones a través del conocimiento alcanzado y la elaboración de una concepción personal del universo.
2. La generalización de las experiencias para comprender mejor la realidad, sin tener que buscar una explicación individual para cada cosa. Esto implica el deseo de encontrar la unidad en la diversidad, así como el anhelo de construir un sistema general y organizado de conocimientos que permita ordenar el presente y (sorprendentemente) predecir el futuro.

A pesar de que la ciencia comparte estas cuestiones fundamentales con casi todas las formas de conocimiento que ha desarrollado la humanidad a lo largo de su historia, también presenta diferencias importantes con todas ellas. Estas diferencias que son fundamentales y constituyen el origen de todo conocimiento científico son las que se comentan en el siguiente párrafo.

Lo que le es Propio

La ciencia se distingue porque dispone de características propias que la convierten en una disciplina única. Estas son las siguientes.

La prueba experimental

Esta característica es exclusiva de la ciencia porque constituye la mejor forma de confrontar cualquier hipótesis teórica con los datos empíricos y objetivos. También es el mecanismo por medio del cual cualquier afirmación (científica o no) puede fortalecerse o debilitarse, con lo que el grado de confianza que la comunidad tiene en ella puede alterarse o modificarse.

La confianza en el consenso informado

Constituye el segundo pilar en el que descansa la ciencia, porque se fundamenta en el debate público para lograr la aceptación y la transmisión del conocimiento alcanzado. Esto implica la publicación de los resultados para ser revisados y criticados por otros científicos. Por tanto, tiene que ser posible reproducir todo descubrimiento en otros laboratorios y por otras personas. Esto significa que cuando se encuentra algún resultado en contrario, se demuestra que se trata de un resultado no válido o que es una tesis errónea, siempre será posible que quien la detente deba o tenga necesariamente que rectificar.

Estas características suelen ser ignoradas, o mal utilizadas, por determinadas disciplinas que pueden llegar a ser muy populares, las que pretenden con ello convertirse en ciencia, aunque es claro que no pasan de ser pseudo-ciencias.

Sus Circunstancias

El ser humano no tiene un conocimiento intuitivo directo del universo que sea siempre acertado, por lo que los pensamientos así como las creencias individuales o colectivas no pueden constituir resultados válidos, ni pueden actuar como fuerzas para influir en el mundo exterior. Todo conocimiento debe ser público y sujeto a debate, al menos potencialmente, al contrario de lo que sucede con las demás formas de conocimiento o con las creencias y los pensamientos individuales y por tanto privados de cada quien. Por

eso, una hipótesis científica puede ser falsa, parcialmente admitida o universalmente aceptada, pero en todos los casos otros expertos deben poder comprobarla o refutarla en forma experimental de modo que siempre será posible que todos tengan que aceptar un planteamiento o rectificar frente a los datos obtenidos. Por ello, la ciencia florece cuando en una determinada sociedad existe un clima de libertad, debate abierto y hay oportunidades de desarrollo. Cuando alguno de estos elementos falla, normalmente la ciencia también lo hace.

Las leyes humanas y las leyes científicas son de naturaleza muy diferente: las primeras constituyen disposiciones más o menos estructuradas que regulan *el deber ser* de la sociedad, en tanto que las segundas intentan representar *lo que es y cómo se comporta* la realidad física. Una ley humana puede ser transgredida y permanecer intacta, al contrario de una ley física que se supone válida, ya que cuando los resultados experimentales la quebrantan, deja de serlo y da lugar a nuevas leyes o mejores explicaciones del universo.

Por razones similares, en el terreno de la fe la persona que tiene una concepción religiosa siempre estará plenamente convencida y muy segura de su creencia, por lo que en su idealidad muy rara vez intentará ponerla en duda. El científico ideal, por el contrario, jamás podrá estar completamente seguro de su interpretación de la realidad y su visión del universo, porque siempre existirá la posibilidad de que haya una forma mejor y más precisa de explicarlo, así como que una pequeña incertidumbre le obligue a modificar sus convicciones a través del experimento. Sin embargo, la visión que el científico dispone en todo momento es lo suficientemente sólida como para considerarla un gran avance en su construcción del conocimiento. Es como si al tratar de llegar a su objetivo el panorama cambiara en cada paso que da, pero eso no significa que no avance. En este sentido un caso notable es la física de Newton⁴ (mecánica clásica), que fue considerada como un gran pilar del conocimiento durante más de 300 años, la que fue cuestionada y modificada por Einstein al incorporar las grandes velocidades en las ecuaciones, lo que lo llevó a formular su famosa Teoría de la Relatividad (mecánica relativista), en la cual la mecánica clásica está incluida.

⁴ Isaac Newton (1643 – 1727). Físico, filósofo, teólogo, inventor, alquimista y matemático inglés, autor de Principia Mathematica. Describió la gravitación universal y las leyes de la mecánica clásica.

Lo Bueno de la Ciencia

Uno de los aspectos más positivos de la investigación científica es que en ella los resultados pueden ser contundentes. Para que esto ocurra adecuadamente, sin embargo, es necesario observarlos por medio de los sentidos naturales del ser humano, aunque los científicos suelen apoyarse válidamente en numerosos instrumentos y dispositivos que permiten extender holgadamente los límites naturales de la percepción. Adicionalmente, una práctica muy conveniente es aprender a seleccionar los hechos observados y considerar sólo aquellos representativos de lo que se desea observar, después de haber hecho una apropiada evaluación.

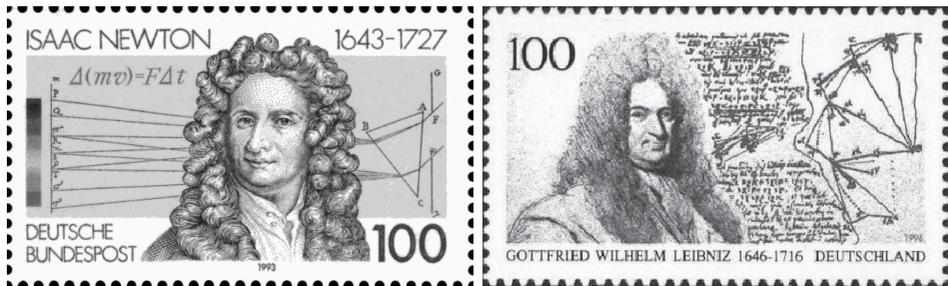


Figura 1.2 Timbres postales alemanes conmemorativos de Isaac Newton y Gottfried Wilhelm Leibniz⁵.

Por estas razones, es necesario que exista un clima favorable de intercambio de opiniones e ideas para poner a prueba las teorías. Si bien, a causa de este continuo ambiente de discusión abierto, una consecuencia típica del quehacer científico es que nunca puede alcanzarse la absoluta certeza de la validez de sus resultados. Pero, por otra parte, esto constituye una gran ventaja porque garantiza la constante prueba y actualización del conocimiento, por lo que para tranquilidad de todos hay muchos aspectos de la ciencia que se consideran realmente probados (al menos en forma provisional) sobre la base de los abrumadores resultados recolectados.

5 Gottfried Wilhelm Leibniz (1646 - 1716). Filósofo, matemático, jurista, bibliotecario y político alemán. Desarrolló el cálculo infinitesimal en forma independiente de Newton, pero su notación es la que se emplea desde entonces.

trucos de magia, los prejuicios e intereses de los investigadores, las diferentes orientaciones culturales, así como la muchas veces sesgada visión personal de cada quién. A su vez, los instrumentos tampoco son perfectos, ya que pueden introducir error, ruido e interferencias, proporcionando resultados incorrectos, aproximados o incluso falsos. Por ello, como respaldo de los datos experimentales existe la expresión estructurada del lenguaje científico a través de la organización de los resultados lo que se alcanza por medio de la formalización. Esto se logra por medio de modelos que se representan con expresiones numéricas o algebraicas y mediante la propia nomenclatura científica basada en signos, unidades especiales y estándares.

El experimento controlado clásico

Con seguridad el experimento en sí constituye el aspecto más importante de la investigación científica, ya que es la herramienta de trabajo por excelencia. La forma en que opera se comprende más fácilmente a través del siguiente ejemplo histórico.

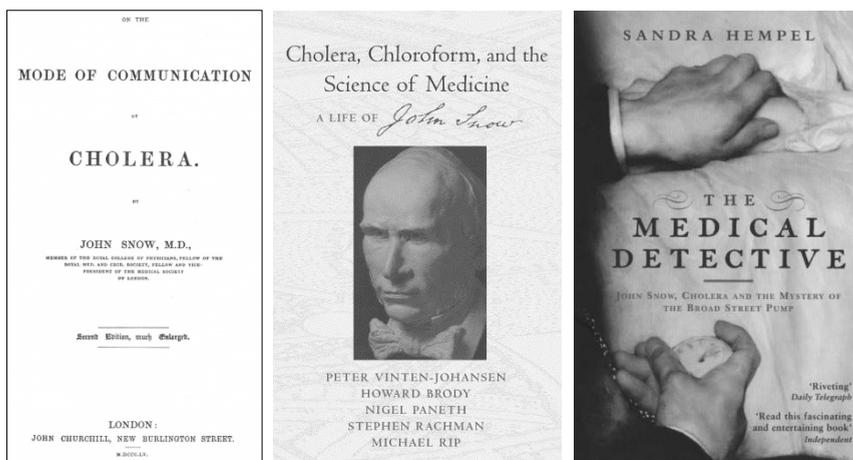


Figura 1.3 Reimpresión de trabajos de John Snow, una biografía y un libro sobre su obra.

John Snow⁶ confirmó en Londres, entre 1853 y 1854, que el cólera se transmite por medio de agua contaminada, 40 años antes de que se demostrara el ori-

6 John Snow (1813 – 1858). Médico inglés considerado por este trabajo sobre el cólera como uno de los pioneros de la epidemiología.

gen infeccioso de la enfermedad, la que actualmente se sabe que es producida por la bacteria *vibrio cholerae*. Para este efecto, primero tomó en consideración reglas éticas para el estudio de las enfermedades humanas, respetando la integridad de los enfermos. A continuación supuso que la epidemiología debía responder a la experimentación natural, aceptando uno de los principios básicos de la ciencia. Posteriormente, Snow imaginó que el agua debía ser la causa de la transmisión, lo que en ese tiempo constituía una creencia generalizada de la gente, suposición que reforzó con algunas observaciones previas. Finalmente, Snow identificó dos grandes grupos de personas, cuya aparente única diferencia era el origen del agua potable que obtenían, la que era abastecida por medio de varias fuentes públicas: un grupo la obtenía de la compañía Lambert (cuya fuente estaba aguas arriba) y el otro de la compañía Southwark-Vauxhall (que se abastecía de aguas más sucias obtenidas después de un desagüe).

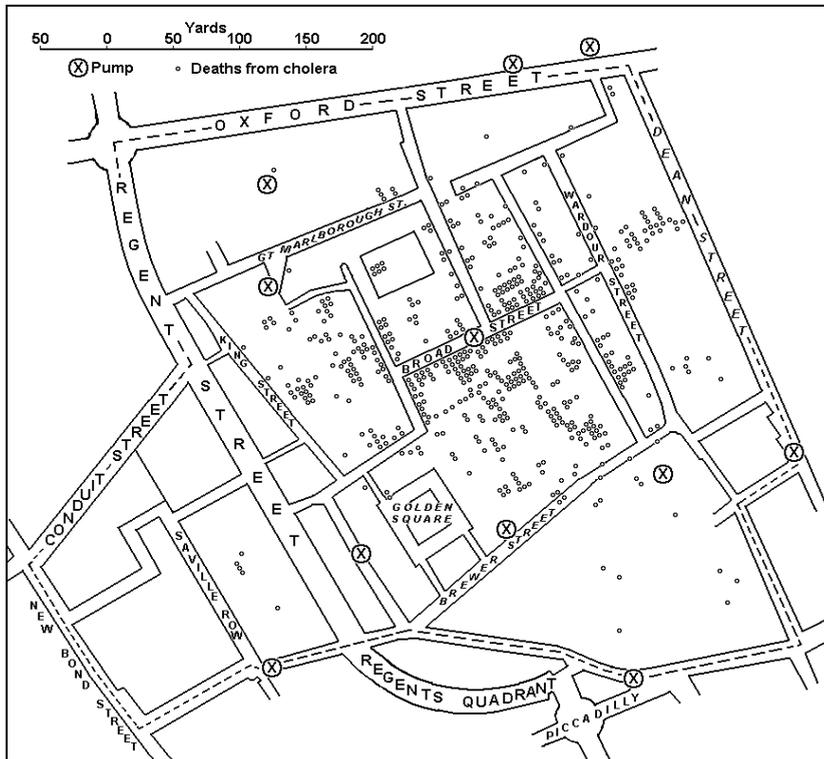


Figura 1.4 Detalle del mapa de Londres donde John Snow identificó las casas con decesos por cólera (adaptación).

Con estas bases, sobre un mapa de Londres identificó las casas donde se habían producido las muertes, observando que había más en las proximidades de ciertas fuentes públicas, como se observa en la figura 1.4, donde se muestra el número de decesos en forma de pequeños círculos. Posteriormente comparó las tasas de muerte por cólera por cada 10 000 casas entre ambas poblaciones durante las siete primeras semanas de la epidemia y descubrió que era cerca de 9 veces mayor entre quienes eran abastecidos con el agua menos limpia (resultaron 315 contra 37). Asimismo comprobó que era más de cinco veces mayor que en el resto de Londres (donde era 315 contra 59). Estos resultados no sólo fortalecieron la hipótesis original, sino que finalmente fue reconocida como válida. Con este resultado y como conclusión de este esfuerzo, fue posible que se tomaran medidas sanitarias efectivas para controlar la epidemia.

Para reforzar los resultados de la experimentación la ciencia también dispone de otras armas, no menos efectivas, las que pueden fortalecer los datos experimentales o que contribuyen a explorar las consecuencias de las hipótesis y de los resultados. Algunas de ellas son las que se describen a continuación.

La prueba de las predicciones que generan las hipótesis

La Teoría de la Relatividad predecía, en contra de la intuición, que los grandes campos gravitatorios de las estrellas podían obligar a la luz que pasa por sus proximidades a describir una trayectoria curva, en lugar de rectilínea. Con esta conjetura en mente, el 29 de mayo de 1919 se presentó una oportunidad para comprobar tal predicción durante el eclipse solar que ocurrió ese mismo día.



Figura 1.5 Timbre postal de Santo Tomé y Príncipe, conmemorativo de la expedición de Arthur Stanley Eddington, y una de las fotografías tomadas. Las estrellas aparecen como líneas porque se mueven relativamente con respecto al Sol.

Para tomar datos concretos, una expedición dirigida por Sir Arthur Eddington⁷ logró demostrar que la luz de las estrellas más distantes detrás del sol efectivamente experimentaba una desviación al pasar cerca de éste durante el eclipse, como lo había predicho Einstein⁸. Las observaciones se realizaron tanto en Sobral al nordeste de Brasil, como en la isla Príncipe en el Golfo de Guinea cerca de la costa occidental de África. Aunque en ese momento los resultados resultaron ser de baja calidad y no fueron contundentes, fueron suficientes para convencer a la comunidad científica de la realidad de este efecto, el que además ha sido confirmado en eclipses posteriores con instrumentos de mayor sensibilidad.

El procedimiento consistió simplemente en tomar fotografías de la constelación de Híades la noche anterior, para evitar la influencia del campo gravitatorio solar y durante el propio fenómeno, que es cuando pueden observarse algunas estrellas alrededor del sol. La comparación de ambas fotografías arrojó las diferencias mencionadas, como se observa en la figura 1.5, donde se muestra la diferencia en la posición de las estrellas.

La construcción de modelos

Antes de la existencia de las herramientas de cómputo actuales, los modelos matemáticos más complejos sólo podían ser probados por comparación con modelos físicos descritos por las mismas ecuaciones. Este método consistía en imitar el comportamiento de cualquier sistema con otros de tipo mecánico, eléctrico o electrónico. En la actualidad, prácticamente todos los modelos que se utilizan se codifican en software, ya que es la forma más rápida de probar los resultados de las ecuaciones. En ambos casos, sin embargo, el procedimiento es el mismo ya que se trata de explorar las características, propiedades y comportamiento de un sistema complejo bajo estudio en circunstancias muy variadas y normalmente extremas. Esto se hace por medio de la reproducción y el uso de las ecuaciones que se supone que lo describen. Un ejemplo sobresaliente de este método se produce en astronomía, donde la experimentación está obviamente muy limitada.

7 Arthur Stanley Eddington (1882 – 1944). Astrónomo inglés, reconocido por sus estudios sobre la estructura interna de los objetos estelares y sus contribuciones a la comprensión de la relatividad y la cosmología moderna.

8 Albert Einstein (1879 –1955). Físico alemán–suizo–estadounidense, Premio Nobel de Física de 1921, reconocido por sus trabajos sobre el efecto fotoeléctrico y la teoría de la relatividad.

El experimento pensado

Este método constituye la forma más efectiva para demostrar teóricamente algunas suposiciones y también para verificar las implicaciones lógicas de las hipótesis. Esto es especialmente valioso cuando la materia de estudio no es un terreno fértil para realizar comprobaciones prácticas, porque muchas de las consecuencias que se supone tienen que resultar de las teorías no siempre pueden ser comprobadas experimentalmente.

Por ello, muchas veces se concibe un experimento imaginario y se efectúan las adecuadas suposiciones, procedimiento mediante el cual por lo menos puede comprobarse si la estructura lógica de las hipótesis no tiene vacíos, lo que resulta muy útil cuando las condiciones actuales no se prestan para realizar un experimento práctico. Algunos ejemplos famosos son el demonio de Maxwell, el ascensor de Einstein, el gato de Schrödinger y el microscopio de rayos gama de Heisenberg.

El demonio de Maxwell. Se trata de una criatura imaginaria creada por Maxwell⁹ que tendría la capacidad de separar las moléculas gaseosas calientes de las moléculas frías, como se muestra en la figura 1.6 por medio de una compuerta que separa los dos compartimentos. En esta figura las moléculas calientes se representan en blanco y las frías en negro, de modo que el demonio podría aprovechar el movimiento natural de dichas moléculas para separarlas al abrir y cerrar la compuerta. El sistema en equilibrio (arriba en la figura), presenta igual cantidad de moléculas frías y calientes en ambos compartimentos. El sistema resultante (abajo en la figura) que es producto de la actividad del demonio, tiene menor entropía ya que acumuló más moléculas calientes en el compartimento de la derecha.

9 James Clerk Maxwell (1831 – 1879). Físico inglés que introdujo el concepto de onda electromagnética y con ello posibilitó el inicio de la era de las telecomunicaciones.

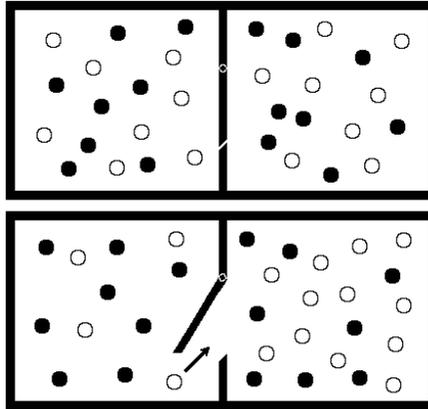


Figura 1.6 Representación esquemática de cómo trabajaría el imaginario demonio de Maxwell abriendo y cerrando la compuerta para reunir las moléculas calientes en el compartimiento del lado derecho, en cuanto se aproximaran a la compuerta.

Con este procedimiento hipotético se obtendría una máquina térmica con un rendimiento del 100%, al obtener después de algún tiempo dos recipientes con una clara diferencia de temperatura, lo que obviamente viola la Segunda Ley de la Termodinámica. Esta ley señala que en cualquier proceso la entropía tiende a aumentar, concepto que representa la cantidad de energía que no puede utilizarse. Desafortunadamente ya se ha demostrado que el proceso de selección, esto es la propia actividad que el demonio realiza al abrir y cerrar la compuerta, implica un gasto de energía determinado que invalida la hipótesis de la máquina ideal y, en consecuencia, confirma la ley.

El ascensor de Einstein. Con el experimento del ascensor propuesto por Einstein se destaca la analogía que existe entre la fuerza de gravedad y la aceleración. En este caso se supone que se dispone de una báscula en el interior de un elevador detenido, o sea con velocidad $v = 0$ como en la figura 1.7 a), por lo que el peso de una persona parada en ella es el que tiene normalmente ya que la aceleración de gravedad (h') es constante e igual a la que existe fuera del elevador (que es h). Al mismo tiempo, si por una pequeña ventana ingresa perpendicularmente un proyectil indicado por la flecha en la figura 1.7 a), resulta que éste sigue idealmente la misma trayectoria perfectamente recta que traía¹⁰.

10 En realidad la trayectoria es muy ligeramente parabólica debida al pequeño efecto gravitacional, pero que por ahora puede tomarse como perfectamente lineal, sin pérdida de generalidad.

Por otra parte es fácil comprobar que cuando el elevador inicia un movimiento de ascenso la báscula indicará un aumento de peso y, cuando se detiene, una disminución de éste, lo que se debe a los momentos transitorios que ocurren al inicio (aceleración) y al término del movimiento (desaceleración). Pero, durante todo el tiempo que la velocidad de ascenso (o descenso) se mantiene estrictamente constante (o sea, cuando $v = \text{constante} > 0$), la báscula no muestra ningún cambio. Esto es como si el elevador estuviera detenido, lo que significa que la nueva aceleración h' es igual a la anterior ($h' = h$). Pero, muy distinto es el caso del proyectil, ya que en esta condición la trayectoria sigue siendo idealmente una línea recta con respecto al exterior, pero debido al movimiento del elevador la trayectoria muestra un ligero ángulo con respecto al interior, como se muestra en la figura 1.7 b).

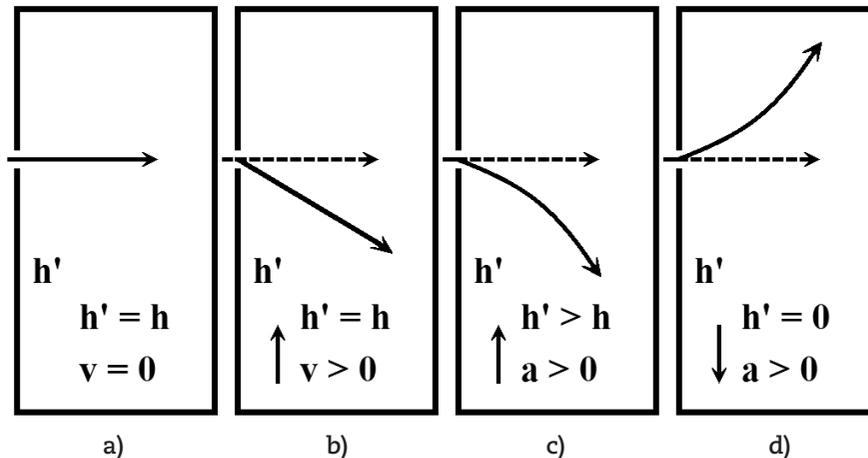


Figura 1.7 Representación esquemática del experimento del ascensor de Einstein.

Muy diferente es el resultado cuando el elevador presenta una aceleración constante, subiendo o bajando, ya que cuando sube con una aceleración $a = \text{constante} > 0$, se produce el efecto de una fuerza que puede representarse como una fuerza de gravedad adicional que es mayor que la normal ($h' > h$), aunque constante si la aceleración también lo es. En consecuencia la báscula indicará un aumento de peso, lo que significa que al bajar también con aceleración constante, la báscula debe indicar una disminución.

Por otro lado, la trayectoria del proyectil es diferente aunque con respecto al exterior su trayectoria siga siendo perfectamente recta. Esto es porque, debido al movimiento, en el interior del elevador describirá una parábola que se curva en dirección contraria al movimiento, como se muestra en la figura 1.7 c). Esta situación puede compararse con el caso de un elevador detenido (con $v = 0$), ya que en esta circunstancia el proyectil también describe una muy pequeña trayectoria parabólica dentro de la caja debido, en este caso, a la fuerza de gravedad¹¹.



Figura 1.8 Timbres postales de Nicaragua y Guinea Bissau, conmemorativos de James Clerk Maxwell y Albert Einstein.

Adicionalmente, es lógico pensar que cuando el elevador va en caída libre, la aceleración de gravedad es cero, el peso es cero y el proyectil seguiría una trayectoria parabólica hacia arriba, también en sentido contrario al movimiento, como se muestra en la figura 1.7 d). Por ello, la conclusión es obvia: la fuerza de gravedad es una aceleración similar a la que puede adquirir un vehículo en movimiento.

11 Un efecto similar es utilizado en algunas ferias de juegos mecánicos en grandes cilindros rotatorios, donde las pelotas que se arrojan los participantes siguen una trayectoria rectilínea con respecto al exterior, pero en el interior su trayectoria es curva debido a la rotación del cilindro, situación que forma parte de la diversión.

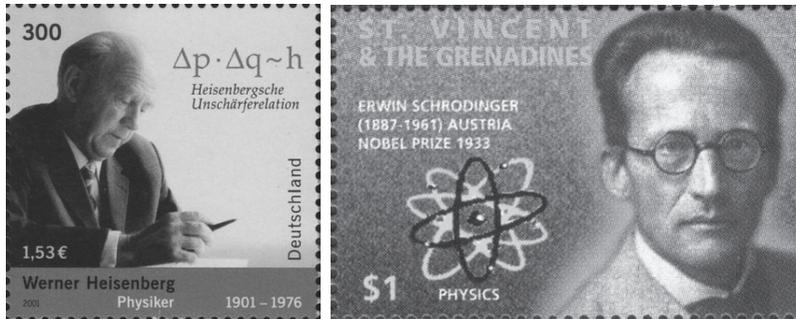


Figura 1.9 Timbres postales de Alemania, y de San Vicente y las Granadinas, conmemorativos de Werner Karl Heisenberg y Erwin Schrödinger¹².

El gato de Schrödinger. Se trata de un experimento pensado concebido por Schrödinger que imagina un felino encerrado en una caja opaca junto a un gas venenoso contenido dentro de una botella y con un solo átomo radiactivo adentro de dicha caja. El objetivo de esta estructura es imaginar que cuando el átomo se desintegre la botella se rompa y el felino, obviamente, muera. Como los átomos radiactivos tienen una vida media muy conocida, aunque en términos de probabilidad, resulta que mientras la caja no se abra el gato tendrá una probabilidad definida por el átomo de estar vivo y también de estar muerto. Esto es porque el único átomo determina por completo el estado del sistema ya que se comporta de acuerdo con las leyes de la mecánica cuántica.

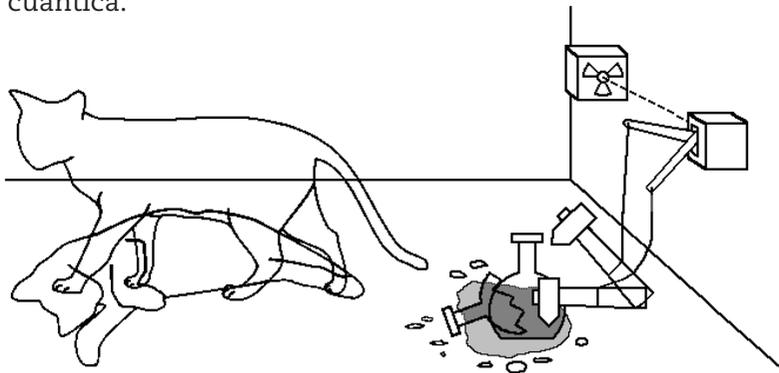


Figura 1.10 Representación del experimento pensado del gato de Schrödinger.

¹² Erwin Schrödinger (1887 – 1961). Físico austriaco, Premio Nobel de Física de 1933, reconocido por su contribución al desarrollo de la mecánica cuántica.

Por tanto, para determinar si el gato de esta historia está vivo o muerto, necesariamente hay que abrir la caja, lo que modifica el estado del sistema. Esto es porque a nivel subatómico el comportamiento del átomo radioactivo no obedece una regla estricta que permita definir su función de onda, lo cual es consecuencia de que el parámetro vida media es un valor que se determina estadísticamente para un gran conglomerado de átomos y no tiene sentido utilizarlo para uno solo.

Finalmente, el microscopio imaginado por Werner Heisenberg¹³ demuestra en forma lógica que no es posible determinar simultáneamente la posición y la velocidad (o sea, la energía) de las partículas más pequeñas, como el electrón. Esto es porque para poder observar un electrón se requeriría de un microscopio con suficiente resolución (potencia) así como algún tipo de iluminación, como se hace con cualquier microscopio. Solamente en esta forma la imagen podría ser amplificada lo suficiente de forma que el observador pueda localizarlo en el espacio.

Sin embargo, de acuerdo con la física cuántica las radiaciones, incluida la luz visible, exhiben propiedades tanto de partículas llamadas fotones, como de ondas (lo cual también va en contra de nuestra intuición). Además, cualquier radiación tiene una resolución dada por su longitud de onda, por lo que para visualizar un objeto cualquiera dicha longitud de onda debe ser menor que la dimensión del objeto. Pero, mientras menor sea la longitud de onda, mayor es su frecuencia y su energía. De lo anterior resulta que debido a su tamaño no es posible “iluminar” un electrón con luz visible sino que deberían usarse rayos gama que tienen la longitud de onda apropiada para verlo y a la vez determinar su energía o su velocidad. El problema es que al proyectar estos rayos sobre el electrón, éste será energizado por la radiación lo que modificará su velocidad (o energía), lo cual implica que la medición simultánea no podrá realizarse.

El experimento indirecto

Se sabe que la simple observación científica de la realidad puede tener influencia sobre ella puesto que usualmente el trabajo del observador la modifica al interactuar con ella, lo que también modifica al observador (como

¹³ Werner Karl Heisenberg (1901 – 1976). Físico alemán, Premio Nobel de Física de 1932, reconocido porque formuló el principio de incertidumbre, el cual es una contribución fundamental al desarrollo de la teoría cuántica.

se verá en el párrafo “La Influencia del Experimentador” del capítulo siguiente). Por ello una de las formas más efectivas de que esta influencia puede ser minimizada es mediante la simple observación de los efectos y consecuencias del objeto en estudio, como si se hiciera una investigación paralela, pero también sometiendo a prueba las predicciones de la teoría en diferentes contextos para comprobar si dichas predicciones se cumplen cabalmente. Sin embargo, debe tenerse mucho cuidado porque en todos los casos la sola presencia física del observador puede alterar en forma significativa lo que se observa. Así mismo, sus concepciones equivocadas (culturales, políticas o incluso religiosas) también pueden afectar las conclusiones que obtenga y hasta los resultados que cree haber encontrado.

El Proceso de la Investigación

A grandes rasgos, las etapas más importantes que se realizan durante la investigación pueden resumirse en las siguientes:

1. Generación de una Hipótesis particular o convicción inicial que se considera cierta en forma provisional, a reserva de ser demostrada (o sea, se supone que debe ser cierta).
2. Después de realizar los experimentos apropiados y de haber confirmado la Hipótesis inicial (o en su defecto, haberla descartado) se reúnen los resultados de muchos experimentos y de todas las observaciones realizadas. Estas pruebas, cuando se hayan reunido en cantidad suficiente, constituirán los cimientos que permitirán elaborar una Teoría o Hipótesis General apoyada en este cúmulo de resultados, las que deben tener poca o ninguna contradicción.
3. A partir de un cúmulo de resultados obtenidos por muchos investigadores en forma independiente, es posible elaborar una Ley o Teoría cuya certeza es contundente porque ha sido sometida al escrutinio general, ha sido aceptada por la mayoría de la comunidad y además es consistente.

Estas nuevas ideas deben encajar en el acervo ya reconocido y aceptado que se funda en todo lo que se ha realizado y aceptado previamente, tanto en hechos como en experimentos e interpretación teórica. Por ello, cuando alguien elabora una hipótesis o exhibe los resultados de un supuesto experimento

que contradice abiertamente a un determinado cuerpo de conocimientos de la ciencia, y a la teoría subyacente, los científicos se comportan con gran escepticismo. La razón de esta conducta radica en el hecho que los resultados ya aceptados están respaldados por múltiples experimentos, han sido expuestos a la comprobación independiente, a la discusión abierta y a la aprobación generalizada. Por tanto es difícil concebir y aceptar a la ligera una nueva visión de la realidad que contradiga los resultados ya obtenidos. Por esta actitud tan estricta, muchas veces los científicos pueden ser víctimas de críticas.

Los Grandes Resultados de la Ciencia

El trabajo científico durante muchos años de investigación ha permitido almacenar una gran cantidad de resultados en todos los campos de trabajo, los que han dado lugar al desarrollo de grandes teorías que se consideran pilares del conocimiento científico moderno. Las más importantes se mencionan a continuación.

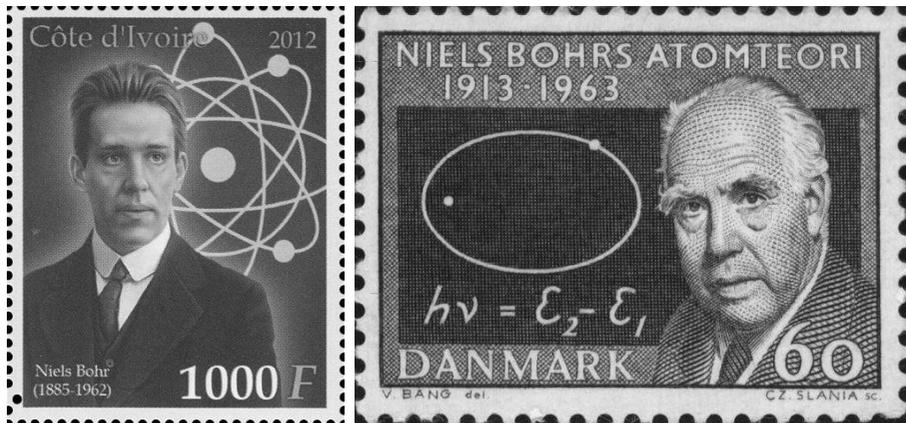


Figura 1.11 Timbres postales de Costa de Marfil y Dinamarca conmemorativos de Niels Bohr, asociado con la moderna Teoría del Átomo.

El modelo del átomo en física

En síntesis, este modelo establece que la materia es discontinua y que está compuesta por pequeñas partículas subatómicas, como los protones, los neutrones y los electrones, las que tienen propiedades físicas específicas y están organizadas en forma estricta. Por ejemplo, se agrupan en núcleos car-

gados positivamente y en orbitales externos donde los electrones negativos están definidos en forma probabilística en lugar de tener una posición definida específica, y cuyas propiedades dependen de la interacción entre todas las partículas. Esta estructura fue propuesta inicialmente por Niels Bohr¹⁴.

Sin embargo, la idea del átomo fue resultado de conjeturas realizadas por la escuela atomista de la Antigua Grecia, cuando se plantearon la idea de que si un cuerpo cualquiera se dividía una y otra vez, llegaría el momento en el que tal división sería imposible. A este último resultado de las sucesivas divisiones lo llamaron *ατομον* (sin división) de donde deriva al latín como *atomum* y llega a nuestra lengua como átomo (de *a*, negación y *tomo*, que se corta o divide), en otras palabras átomo significa *indivisible*. No obstante, en la actualidad se sabe que el átomo no es el elemento más simple de la materia, sino que está compuesto por otras partículas aún más pequeñas, como protones, neutrones y electrones, las que a su vez pueden dividirse en otras todavía más pequeñas. También se sabe que la interacción entre todas estas partículas, así como su número, determina las propiedades de los distintos elementos.



Figura 1.12 Timbres postales de la antigua Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (CCCP), conmemorativos de Dmitri Ivánovich Mendeléyev, asociado estrechamente con la Tabla Periódica de los Elementos.

14 Niels Henrik David Bohr (1885 – 1962). Físico danés, Premio Nobel de Física en 1922, que realizó importantes aportes para la comprensión de la estructura del átomo y de la mecánica cuántica.

Aun cuando el modelo atómico moderno es muy complejo, en resumen considera que los electrones son ondas de energía, y también pequeñas partículas, por lo que tienen características de onda y de partícula simultáneamente. También, tienen una densidad de probabilidad de encontrarse en determinados orbitales electrónicos, los que corresponden a niveles energéticos específicos. Por ello, si saltan a orbitales inferiores emiten una radiación, mientras que al ser estimulados pueden saltar a orbitales superiores, porque adquieren energía. Pero estos procesos siempre implican cantidades muy definidas de energía o “cuantos”, que dependen del elemento y de los orbitales involucrados.

La Tabla Periódica de los elementos en química

Básicamente, esta tabla describe la relación que existe entre los elementos, considerando sus propiedades fundamentales, tales como su número atómico, su peso atómico, y la forma predecible en que se combinan entre ellos, lo que fue propuesto por Mendeléyev¹⁵ como resultado de los trabajos que realizó con las propiedades de los elementos. Por tal razón, partiendo del modelo del átomo la tabla periódica ordena los elementos en orden ascendente de acuerdo con su número atómico, que es la cantidad total de protones del núcleo, aunque también por sus propiedades químicas. Por ello, el hidrógeno (H) es el primero de la tabla porque dispone de un solo protón (aunque dependiendo del isótopo, puede tener además uno o dos neutrones) y su número atómico es uno, en cambio, el plutonio (Pu) es uno de los últimos porque su número atómico es 94. En la Tabla de la figura 1.13 se aprecian los elementos identificados por su símbolo y ordenados en la Tabla Periódica por su número atómico en orden consecutivo.

¹⁵ Dmitri Ivánovich Mendeléyev (1834 – 1907). Químico ruso, conocido por haber descubierto el patrón que permitió organizar a los elementos químicos en la actual Tabla Periódica de los elementos.

1																	2
H 1,008																	He 4,003
3	4											5	6	7	8	9	10
Li 6,94	Be 9,01											B 10,81	C 12,01	N 14,01	O 16,00	F 19,00	Ne 20,18
11	12											13	14	15	16	17	18
Na 22,99	Mg 24,31											Al 26,98	Si 28,09	P 30,97	S 32,07	Cl 35,45	Ar 39,95
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
K 39,10	Ca 40,08	Sr 44,96	Ti 47,87	V 50,94	Cr 52,00	Mn 54,94	Fe 55,85	Co 58,93	Ni 58,69	Cu 63,55	Zn 65,39	Ga 69,72	Ge 72,61	As 74,92	Se 78,96	Br 79,90	Kr 83,80
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Rb 85,47	Sr 87,62	Y 88,91	Zr 91,22	Nb 92,91	Mo 95,94	Tc (98,91)	Ru 101,07	Rh 102,91	Pd 106,42	Ag 107,87	Cd 112,41	In 114,82	Sn 118,71	Sb 121,76	Te 127,60	I 126,90	Xe 131,29
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
Cs 132,91	Ba 137,33	La 138,91	Hf 178,49	Ta 180,95	W 183,84	Re 186,21	Os 190,23	Ir 192,22	Pt 195,08	Au 196,97	Hg 200,59	Tl 204,38	Pb 207,20	Bi 208,98	Po (208,98)	At (209,99)	Rn (222,02)
87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112			114			116
Fr (223,02)	Ra (226,03)	Ac (227,03)	Rf (261,11)	Db (262,11)	Sg (263,12)	Bh (264,12)	Hs (265,13)	Mt (268)	Ds (269)	Rg (272)	Uub (277)			Uuq (285)			Uuh (289)
58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71				
Ce 141,12	Pr 140,91	Nd 144,24	Pm (144,91)	Sm 150,36	Eu 151,96	Gd 157,25	Tb 158,93	Dy 162,50	Ho 164,93	Er 167,26	Tm 168,93	Yb 173,04	Lu 174,97				
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103				
Th 232,04	Pa 231,04	U 238,03	Np (237,05)	Pu (244,06)	Am (243,06)	Cm (247,07)	Bk (247,07)	Cf (251,08)	Es (252,08)	Fm (257,10)	Md (258,10)	No (259,10)	Lr (262,11)				

Figura 1.13 Tabla Periódica de los elementos con los símbolos, los números atómicos y la masa atómica de cada elemento.

Por tanto la Tabla realiza una agrupación de elementos por sus características, en dieciocho grandes Grupos o familias (las columnas de la figura), de los que resultan (entre otros) los metales, los semimetales, los no metales, los gases nobles, y los lantánidos y actínidos. Asimismo, se clasifican en siete Periodos (las filas de la figura), que corresponden a los diferentes orbitales en los que se organizan y se sitúan los electrones. El hidrógeno (H) y el helio (He) sólo tienen un orbital, aunque con uno y dos electrones, respectivamente, mientras que los lantánidos disponen de seis y los actínidos, de siete orbitales. Ambos aparecen enlistados en las dos últimas filas, asociados con el Lantano (57) y el Actinio (89).

Las placas tectónicas de la geología

Esta teoría considera que la superficie terrestre está compuesta por grandes placas continentales que experimentan cambios y movimientos debido a que ejercen grandes fuerzas entre ellas. Con las placas tectónicas se obtiene el detalle de la formación de los continentes, así como la estructura, el comportamiento y la historia del planeta.

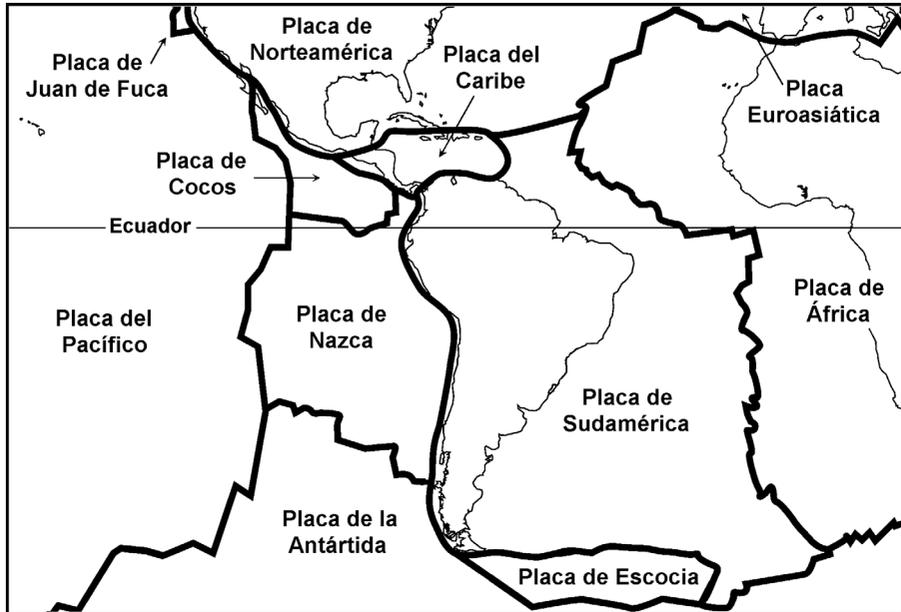


Figura 1.14 Placas tectónicas vinculadas principalmente al continente americano¹⁶.

Algunas consecuencias de este resultado son que los continentes no son estáticos, que la interacción entre las placas crea fuerzas de desplazamiento que originan los movimientos sísmicos, las montañas y los volcanes, entre otros accidentes geográficos, ya que las placas son la corteza terrestre sobre la que se encuentra el mar y conforma los continentes.

El Big Bang en astronomía

Esta teoría sintetiza la forma en que se generó el universo como un todo, y basándose en ella se encuentran las razones por las que tiene la estructura tan especial que creemos conocer. El Big Bang representa el momento en que se genera la materia, la energía, el espacio y se inicia el tiempo. Esto también significa que, como el principio de causa – efecto tiene una vigencia temporal, no hay ni puede haber, una causa para la ocurrencia del Big Bang, ni del tiempo, aunque esta aseveración contradiga nuestras ideas intuitivas tradicionales.

¹⁶ A pesar de su nombre, la placa de Escocia es una placa tectónica oceánica ubicada entre los océanos Atlántico y Glaciar Antártico que limita con la placa Sudamericana y la placa Antártica.

Además, qué había o qué ocurría “antes” de este acontecimiento son preguntas que no tienen ningún sentido a la luz de los descubrimientos científicos modernos, aunque muchas personas intentan responderlas por medio de la religión o de distintas creencias personales. Incluso algunos científicos han especulado en este sentido, suponiendo diversas hipótesis que aunque pueden tener algún sustento lógico, no son simples ni fáciles de demostrar.

Algunos resultados importantes que se desprenden de esta teoría, como ya se ha mencionado, son los siguientes: a partir de este primer suceso se inicia el transcurrir del tiempo, se genera el espacio-tiempo, se crea la energía, se originan los elementos, se forjan las características de los cuerpos celestes y se encuentran las razones que explican por qué las galaxias se alejan unas de otras a grandes velocidades, esto es, la expansión del universo.

La evolución por selección natural de la biología

Como se sabe, esta teoría explica el posible origen de la célula y de la vida, así como la complejidad estructural, conductual y psicológica de los organismos vivos. Al mismo tiempo asegura que las especies y, en general, la vida deben responder a todas las leyes físicas y químicas. Asimismo explica la razón de la diversidad de las especies existentes y de las posibles causas de la extinción de algunas de ellas. En este campo, Darwin¹⁷ ha sido el pionero que a partir de su famosa y larga travesía en el Beagle y su particularmente importante visita a las Islas Galápagos, pudo reunir suficientes datos para concluir que las especies evolucionan en forma natural.

Aunque esta teoría ha sufrido muchos ataques por parte de diversos grupos creacionistas religiosos, políticos e, inclusive, de movimientos que representan tendencias científicas extremas, ésta continúa siendo una sólida teoría. Esto es porque es la única que puede exhibir pruebas contundentes con respecto al origen de la vida en el planeta, acerca de la generación y diversidad de las especies actuales y las que han existido, así como por qué los seres vivos tienen las especiales características que exhiben en la actualidad y por qué generación tras generación se han ido superando, lo que ha

17 Charles Robert Darwin (1809 – 1882). Naturalista inglés que en su obra *El Origen de las Especies por medio de la Selección Natural, o la Preservación de las Razas Preferidas en la Lucha por la Vida*, postuló que todas las especies de los seres vivos evolucionan con el tiempo a partir de un antepasado común mediante un proceso de selección natural.

implicado que todas las especies han ido evolucionando y mejorando invariablemente con respecto a sus ancestros.



Figura 1.15 Timbres postales británicos conmemorativos de Charles Darwin.

Conclusiones

En consecuencia, el proceso conjunto de los diversos trabajos de investigación, las publicaciones, la posibilidad de repetir y comprobar los experimentos, el debate público de las grandes y pequeñas teorías, de sus consecuencias, de su coherencia con el conjunto de lo que la ciencia ha alcanzado actualmente, así como la transmisión del conocimiento en sus diversas formas, constituyen una fuerza demoledora que por sí sola tiende a rechazar lo redundante, lo equivocado, lo irracional y los engaños intencionales.

Pero hay que tener cuidado, porque la ciencia no puede contestar las preguntas, dudas o inquietudes de carácter religioso. Estas interrogantes pertene-

cen exclusivamente al terreno de la fe y deben ser consideradas sólo en este contexto, aunque haya quienes intenten mezclarlas arbitrariamente. La ciencia tampoco es un sistema moral o de normas de conducta a seguir, porque no puede emitir juicios de valor y porque su gran aporte se limita a la generación de conocimientos que puedan ser comprobados fehacientemente. Esta característica, que la hace única, es también su gran arma en la búsqueda de la verdad, porque es el edificio más sólido que ha construido el ser humano en el intento de explicarse la forma cómo está constituido y cómo se comporta el universo.

Bibliografía

1. Bransden, Brian H. y Charles J. Joachain (2001). *Physics of Atoms and Molecules*. Pearson Education-Longman. Londres, UK.
2. Brown, Walter A. (1998). *The Placebo Effect*. Scientific American. Vol 278 No. 1. Págs. 90-95.
3. Bunge, Mario (2001). *La Investigación Científica*. Editorial Siglo XXI. México, DF.
4. Cartmill, Matt (1998). *Oppressed by Evolution*. Discover. Vol 19 No. 3. Págs. 78-82.
5. Cromer, Alan (1997). *Connected Knowledge*. Oxford University Press. Oxford, UK.
6. Crowe, Michael J. (2001). *Theories of the World from Antiquity to the Copernican Revolution*. 2ª edición. Dover Publications. Mineola, NY.
7. Goldstein, Martin e Inge Goldstein (1984). *The Experience of Science*. Plenum Press. Nueva York, NY.
8. Gould, Stephen Jay (1977). *Ever Since Darwin*. W. W. Norton. Nueva York, NY.
9. Hofstadter, Douglas (1979). *Gödel, Escher, Bach*. Basic Books. Nueva York, NY.
10. Miller, Richard (1992). *Experimenting with Galaxies*. American Scientist. Vol 80 Págs. 152-163.
11. Sagan, Carl (1997). *The Demon Haunted World: Science as a Candle in the Dark*. Ballantine Books. Nueva York, NY.
12. Smith, Jane S. (1990). *Patenting the Sun: Polio and the Salk Vaccine*. William and Morrow Co. Inc. Nueva York, NY.

Capítulo 2

Lo Malo del Quehacer Científico y de Nuestra Visión del Universo

En la tarea de descubrir el universo la actividad científica no se encuentra sola, ya que el ser humano ha desarrollado un sin fin de herramientas que pretenden lograr el mismo propósito. Y puesto que todas son actividades humanas, cada una de ellas tiene sus propios aspectos positivos y negativos, al igual que la ciencia. Por ello no es raro que tanto legos como eruditos cometan errores, tergiversen la realidad o distorsionen los hechos en su beneficio, aunque muchas veces sin darse cuenta.

En este capítulo se presentan en forma introductoria los aspectos negativos más importantes del quehacer científico y, al mismo tiempo, de la concepción del mundo que tienen muchas personas. Se hace énfasis en cómo ha sido fácil para doctos y legos caer en engaños, creer ingenuamente en resultados falsos, equivocarse, cometer errores y cómo, algunas veces, tanto eruditos como ingenuos han recurrido a artimañas poco dignas para intentar sobresalir o ganar un poco de renombre. Para ilustrar en forma más detallada cada uno de estos aspectos, se presentan diversas experiencias populares y científicas importantes en forma de anécdotas, las que forman parte de la memoria histórica universal.

Lo Negativo del Quehacer Científico

El ser humano ha realizado a lo largo de toda su historia un gran esfuerzo para explicarse y comprender el universo que lo rodea con el fin de responder algunas de las interrogantes más apremiantes respecto de su propia

existencia. En esta búsqueda se han cometido muchos equívocos, se han buscado demasiadas explicaciones banales y se ha caído en muchos engaños y trampas, aunque no siempre en forma consciente. Por ello, no todo puede ser bueno en el pensamiento popular, ni tampoco en la actividad científica, porque ésta no es un camino despejado, recto y claro que todos puedan seguir sin dudar. Además en el pensamiento popular estos aspectos negativos resaltan todavía más porque no suele someterse a reglas tan estrictas como la ciencia. Por ello las creencias negativas contribuyen a enturbiar tanto el pensamiento popular como la labor científica, aunque debido a sus propias características ésta última termina tarde o temprano, por fortuna, por desechar las desviaciones y las conclusiones erróneas.

A pesar de que la búsqueda ha avanzado positivamente, analizar los caminos equivocados puede ser una magnífica forma de prepararse para no caer de nuevo en ellos. Solamente en esa forma puede elaborarse una concepción clara del mundo que permita la obtención de satisfacciones a través del conocimiento alcanzado. Algunos ejemplos de estos casos son los que se detallan a continuación.

1. La influencia del experimentador

Es un hecho demostrado que cualquier interacción entre el observador y el objeto observado los modifica a ambos. Mientras más se esfuerce el observador por obtener información sobre el estado puro o inicial de lo que está observando (especialmente en ciencias sociales), más contaminados estarán sus datos con sus propios esfuerzos. Algunos ejemplos destacados de esta situación son los siguientes.

1.1. La influencia inconsciente. En 1904 un caballo llamado Clever Hans fue presentado al público por su dueño, el alemán Wilhelm von Osten, porque parecía tener la habilidad de contar, leer, resolver problemas matemáticos, y hasta deletrear palabras golpeando con una pata en el suelo. El golpeteo era un código desarrollado por su dueño, en el que cada letra del abecedario se hacía corresponder con una cierta cantidad de golpes, por lo que fácilmente el equino convenía a cualquiera que los animales son capaces de pensar como los humanos.

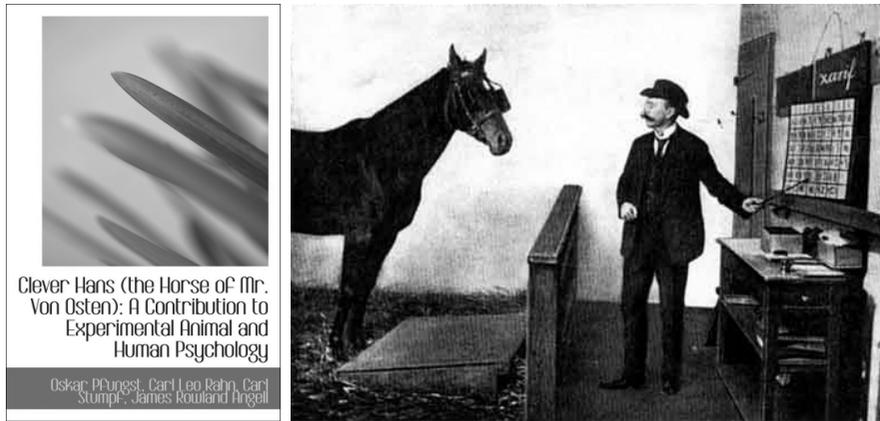


Figura 2.1 Libro de Oskar Pfungst y coautores que analiza el efecto, y fotografía del caballo Clever Hans ante una pregunta.

Sin embargo pruebas más serias realizadas en 1907 por el psicólogo Oskar Pfungst demostraron que, aunque von Osten aparentemente creía en las capacidades extraordinarias de su caballo, en realidad le daba señales involuntarias de lenguaje corporal para indicarle cuándo iniciar el golpeteo y el momento de concluirlo. Por ejemplo, el caballo no podía contestar las preguntas cuando su dueño desconocía las respuestas. En la actualidad a este experimento anómalo se le denomina Efecto Hans Clever, conocimiento que ha resultado muy útil en la influencia del experimentador y en estudios posteriores con animales.

1.2. El autoengaño. Otto von Guericke¹ creyó que los huesos encontrados en 1663 en una caverna en Quedlinburg, Alemania, eran un esqueleto de unicornio, por lo que publicó un artículo al respecto. En esos tiempos la creencia generalizada era que este animal mitológico era real, aunque posiblemente extinto.

1 Otto von Guericke (1602 – 1686). Científico y político alemán que trabajó sobre la física del vacío y la repulsión electrostática. Autor del famoso experimento de los hemisferios de Magdeburgo para lo cual debió inventar la primera bomba de vacío alrededor de 1650. Robert Boyle mejoró este diseño y posteriormente utilizó la bomba en sus propios estudios sobre el vacío.

Más tarde, el propio Leibniz² le dio crédito incluyendo un dibujo del imaginario animal en *Protogaea*³, obra publicada póstumamente. Los restos eran de elefante y posiblemente de rinoceronte, pero el engaño es muy evidente, por ejemplo, porque el esqueleto no tiene patas posteriores.



Figura 2.2 Timbre postal de la antigua República Democrática Alemana (DDR), conmemorativo de Otto von Guericke y reconstrucción del esqueleto del unicornio.

1.3. La mejoría a través del aprendizaje. Al realizar una y otra vez los mismos experimentos, el investigador (o sus ayudantes) pueden mejorar ostensiblemente los resultados que obtienen porque cada vez realizan mejor las tareas rutinarias, adquieren habilidad y se equivocan menos. Por ejemplo, Pavlov⁴ comprobó con asombro que sus ratones de laboratorio aprendían a responder más rápidamente a un estímulo con cada nueva generación ya que cada vez necesitaban menos lecciones, como si fuera posible que las habilidades adquiridas pudieran ser heredadas.

2 Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646) – 1716). Filósofo, matemático, jurista y político alemán al que se le considera inventor del cálculo infinitesimal en forma independiente de Newton.

3 Hay varias reproducciones de este libro. Una de ellas es: Gottfried Wilhelm von Leibniz. *Protogaea*. University of Chicago Press, Chicago, 2008. Traducido por C. Cohen y A. Wakefield.

4 Ivan Petrovich Pavlov (1849 – 1936). Fisiólogo ruso descubridor del reflejo condicionado y Premio Nobel de Fisiología en 1904.

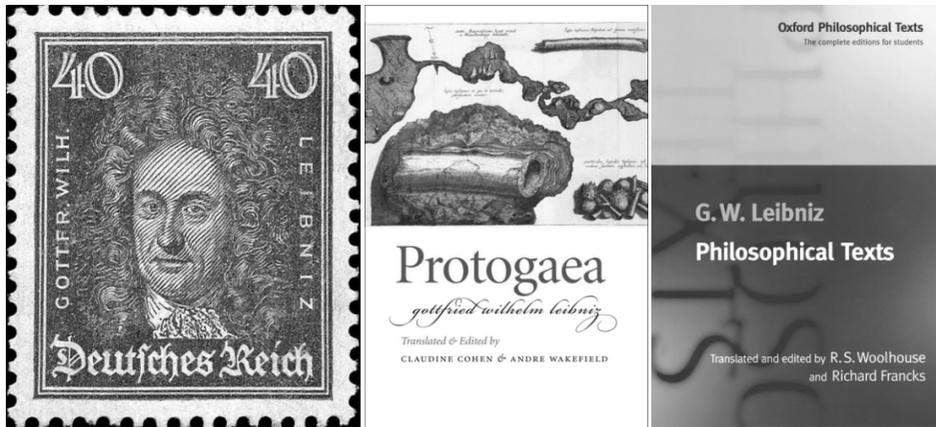


Figura 2.3 Timbre postal alemán conmemorativo de Gottfried Wilhelm von Leibniz, y portadas de dos libros: *Protogaea* y *Textos Filosóficos*.



Figura 2.4 Timbres postales de Cuba y de la antigua Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (CCCP) conmemorativos de Ivan Petrovich Pavlov.

En 1923 informó de este hallazgo en *Science*⁵, aventurando que podía ser posible que después de un número limitado de generaciones los ratones podrían responder al estímulo sin recibir lecciones previas. Sin embargo, posteriormente debió

5 Publicado en: Pavlov, Ivan Petrovich (1923). New researches on conditioned reflexes. *Science* 58, 359–361.

retractarse insinuando que había sido mal informado por su investigador asociado⁶, ya que los resultados se debían a que estos últimos aprendieron a entrenar mejor a los ejemplares.

1.4. La excesiva credulidad. En 1961 dos ingenieros rusos Semyon y Valentina Kirlian publicaron en el *Russian Journal of Scientific and Applied Photography*⁷ varias imágenes que se tomaron mientras se exponía a una persona o a un objeto a un alto voltaje y una pequeña corriente eléctrica. La denominada *fotografía Kirlian* se obtenía con placas fotográficas especiales situadas próximas al sujeto. Muchos creyeron que dichas fotos capturaban el aura y revelaban la salud emocional y la vitalidad espiritual del sujeto en coronas fantasmales de luz de origen paranormal.

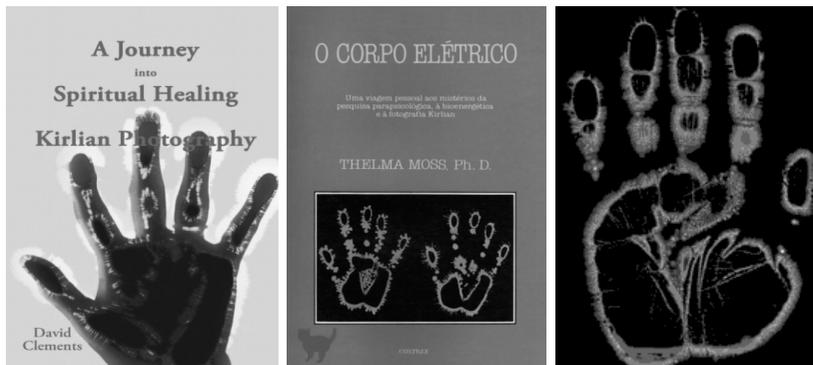


Figura 2.5 Dos libros escritos sobre el tema, e imagen de una fotografía Kirlian.

Aunque todavía persisten los defensores (y también los explotadores) de la creencia inicial, puesto que se han escrito varios libros utilizando esta situación, por medio de experimentos controlados que fueron conducidos por un grupo de físicos y psicólogos de la Universidad de Drexter se demostró que las imágenes corresponden al llamado *efecto corona* producido por

6 Zirkle, Conway (1958). Pavlov's beliefs. *Science* 128, 1476. Y también, Razran, Gregory (1959). Pavlov the empiricist. *Science* 130, 916-917.

7 Kirlian, Semyon D. y Valentine K. Kirlian, "Photography and Visual Observation by Means of High-Frequency Currents," *Journal of Scientific and Applied Photography*, Vol. 6 No. 6.

el alto voltaje. Este efecto se produce por la acumulación de electrones en las superficies, en las aristas y en las puntas de los conductores y objetos energizados, los cuales pueden “escapar” del medio e interactuar con las moléculas del aire y producir su ionización. Esto genera tenues radiaciones visibles que son interpretadas como el aura, las que son más intensas de acuerdo con la humedad ambiental y otros factores físicos, por lo que obviamente no son de origen sobrenatural.

1.5. La opinión de la autoridad. Este es un caso muy vinculado con el anterior, ya que posiblemente por agradarlo un ayudante puede desear y hasta lograr que las hipótesis del investigador consagrado se cumplan. Esto también es cierto cuando un resultado ha sido respaldado por un investigador muy respetado, normalmente es difícil para los demás contradecirlo, por lo que suelen repetir sus resultados con algún “éxito”, como es el caso de los Rayos N y la Fusión Fría que se examinan más adelante en el Capítulo 3.

Este fenómeno también ha ocurrido históricamente con diversas dictaduras o estructuras sociales basadas en una organización vertical o castrense que se niega a reconocer los resultados científicos cuando éstos no son favorables a sus intereses. Aunque las autoridades del momento no debieran interesarse, en la práctica, puede convenirle meterse en asuntos científicos o crear falsos descubrimientos.



Figura 2.6 Timbres postales de Italia y Alemania con Hitler y Mussolini.

1.6. La imaginación exagerada. En la planicie del desierto de Nasca⁸, en Perú, la civilización incaica produjo una gran cantidad de *geoglifos* sobre el terreno, los que son conocidos como las *líneas de Nasca*. Son figuras de grandes dimensiones que representan animales y otras figuras para las que no se ha encontrado una explicación sencilla, porque fueron elaborados presumiblemente por motivos religiosos o ceremoniales. Las técnicas de fabricación son simples: se remueve una delgada capa oscura del terreno, para dejar al descubierto una capa más clara, o se acumulan pedruscos u otros materiales para definir los contornos. En ambos casos pueden dibujarse grandes figuras que son claramente visibles desde el aire lo que atrae a un gran número de turistas que sobrevuelan la zona. Por ser vistos desde gran altura, algunos autores han escrito artículos y libros asegurando que son pistas de aterrizaje de naves extraterrestres, entre otras fantasías.

En realidad, las líneas de Nasca son dibujos muy frágiles que representan animales y personajes de la mitología inca que se encuentran ampliamente repartidos en diversas zonas entre el sur de Perú y el norte de Chile, casi todos muy cerca del llamado Camino del Inca y generalmente en los cerros y colinas vecinas. Debido a su fragilidad, actualmente se realizan diversos trabajos para preservarlos porque se alteran fácilmente con el viento o si se camina sobre ellos, porque están muy expuestos debido al gran atractivo y afluencia turística de la zona. A pesar de lo anterior, la carretera No. 18 conocida como la Panamericana Norte de Perú pasa muy cerca de ellas y de hecho atraviesa algunas de ellas.

⁸ Comúnmente se suele utilizar la expresión Nazca para el nombre de la región (posiblemente por su uso en inglés) sin embargo, el nombre oficial de la ciudad, de la provincia y del desierto es Nasca.



Figura 2.7 El colibrí de las Líneas de Nasca y dos libros sobre el tema.

1.7. **El diseño de las encuestas.** Es un hecho muy conocido que los resultados de una encuesta pueden contener desviaciones importantes debido a la forma en que están estructuradas las preguntas, al tipo de ellas, a la forma en que están elaboradas, a la confianza que despierta el entrevistador en el entrevistado o a la conveniencia y convicciones personales de este último. Tampoco hay que desconocer que sus resultados pueden manipularse intencionalmente y que muchas encuestas son elaboradas a propósito con fines comerciales o políticos para “demostrar” la tesis que se sostiene.

2. La influencia intencional y prejuiciada

En muchos casos, no siempre vinculados a la actividad científica, algunas personas o incluso la autoridad suele ser parte interesada en algún asunto en particular. Por tanto, a ellos puede convenir-

les alterar la información o propagar falsas noticias sobre el tema para convencer a los demás de la validez de sus puntos de vista, de su política o de sus intereses, aunque a veces la intervención puede ser muy poco consciente, ya que puede deberse a convicciones religiosas o prejuicios sociales. Esto puede ocurrir en muchas ocasiones, incluso actualmente, como puede constatarse con la orientación a la que intentan conducir al auditorio los medios de comunicación actuales. También, muchas personas y hasta grupos sociales o sociedades interesadas sólo intentan defender sus prejuicios y sus creencias o tratan de obtener un provecho directo. Un caso muy famoso de este tipo es el siguiente.

El oscurantismo. En 1692 se produjo en Salem, Massachusetts, uno de los casos de cacería de brujas más famosos de la historia, como si en esa población hubiera tenido lugar un aquelarre. Decenas de mujeres que experimentaban convulsiones, alucinaciones extrañas y diversas otras alteraciones insólitas fueron llevadas a los tribunales, juzgadas por ciudadanos respetables, aunque ignorantes, y finalmente condenadas como hechiceras. El hecho es tan singular que, hasta la fecha, Salem se considera sinónimo de brujería y ha sido tema principal de libros y películas, aunque investigaciones modernas sugieren que todo el fenómeno pudo deberse básicamente a una simple intoxicación colectiva.

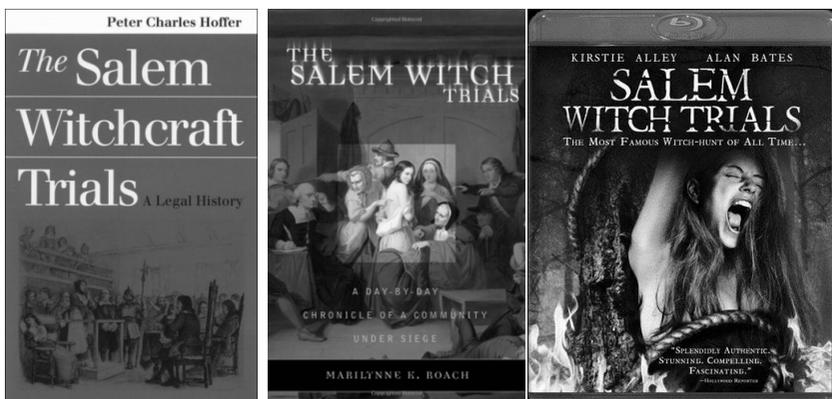


Figura 2.8 Dos libros sobre los juicios de Salem y portada de una película digital basada en el tema.

La realidad es que bajo ciertas condiciones climatológicas y de las tierras de cultivo, el centeno puede ser parasitado por el hongo *claviceps purpurea*. Este hongo, como muchos otros, produce varias sustancias alucinógenas que han sido aisladas y reconocidas como ácido lisérgico (LSD), dietilamida, ergotamina y ergonovina, las cuales pueden provocar una intoxicación conocida como ergotismo. Este trastorno se manifiesta en la víctima por medio de ataques convulsivos, ahogos, sensación de pellizcos, quemazón en la piel o mordiscos, pérdida temporal de la visión, el oído y el habla, alucinaciones en forma de halos alrededor de las personas, así como trastornos intestinales y visiones fantasmagóricas de imágenes compuestas de luces y colores.

Los efectos dependen de la cantidad de centeno ingerida, de la forma en que se ha cocinado y del sujeto mismo, por lo que no sólo ataca a las mujeres, ya que algunos varones, niños y adultos, según se registró, también experimentaron los efectos del envenenamiento. Pero éstos no fueron culpados de brujería, sino que se dijo que eran víctimas de embrujamientos producidos por las acusadas. Las condiciones ambientales y climáticas pudieron causar la proliferación del hongo, que debió atacar con mayor severidad en ese año y en esa localidad a los cultivos de las tierras bajas más propensas al exceso de humedad. Además, con seguridad las condiciones económicas de los campesinos los obligaron a consumir el centeno recién cosechado rápidamente y en mayor cantidad que los demás granos, quedando con ello expuestos en mayor medida al fenómeno.

Estos hechos, que pueden comprobarse en los registros legales de la época, apoyan con creces la teoría de que el pueblo pudo sufrir una intoxicación colectiva en lugar de un ataque de brujería. Sin embargo, la naturaleza y los síntomas del ergotismo, que aparecen claramente descritos en los registros legales como experimentados por las acusadas, fomentaron la idea de que se trataba de hechos sobrenaturales. A esto se suman las condiciones culturales de la época y los prejuicios que alentaron las supersticiones y el temor a lo desconocido, por lo que el fenómeno fue falsa y universalmente interpretado como una súbita proliferación de seres con poderes sobrenaturales.

3. El sesgo cultural o religioso

Hay muchos ejemplos de esta clase de distorsiones, que suelen ser muy polémicos por las obvias implicaciones y motivaciones que conllevan. Normalmente, aunque el grueso de los expertos no respalde los resultados que se presenten bajo estas influencias, una serie de seguidores interesados y normalmente fanáticos continúan afirmando que son reales y hacen caso omiso de los resultados en contrario. En múltiples ocasiones, esta clase de engaños suele proporcionar a sus promotores no despreciables ganancias económicas o políticas, lo que es una muy buena razón para continuar con la simulación. Hay muchas historias sobre el particular en relación con ovnis, casas encantadas, numerología, curaciones milagrosas, espiritualismo y poderes sobrenaturales. Estos son sólo algunos ejemplos.

3.1. La donación de Constantino. De acuerdo con un falso documento conocido con este nombre, el Emperador Constantino I de Roma (272-337), supuestamente en gratitud por haberse convertido a la fe cristiana y haber sido (también supuestamente) curado de lepra, concedió al Papa Silvestre I (270-335) una serie de privilegios entre los que se cuentan la donación de los territorios del centro de Italia que el Vaticano reclamó como suyos durante siglos.

A pesar de que el emperador nunca sufrió de lepra, que los documentos fueron elaborados después de su muerte por autores desconocidos (posiblemente entre 750 y 800), y que fueron exhibidos como falsos desde el siglo XV por diversos estudiosos que encontraron errores gramaticales y absurdos históricos en ellos, la *donación* surtió especial efecto por razones religiosas, económicas y políticas, por lo que no fue cuestionada durante siglos.

A causa de la Reunificación Italiana, los territorios que el Papa había gobernado hasta 1870 fueron absorbidos, por lo que se produjo lo que se conoce como la Cuestión Romana, cuando el Papa no reconoció a Italia y se declaró prisionero en el Vaticano. No fue sino hasta 1929 que Benito Mussolini, en nombre

del rey Víctor Manuel III, y el Papa Pío XI suscribieron los Pactos de Letrán con lo que ambos estados terminaron reconociéndose mutuamente.

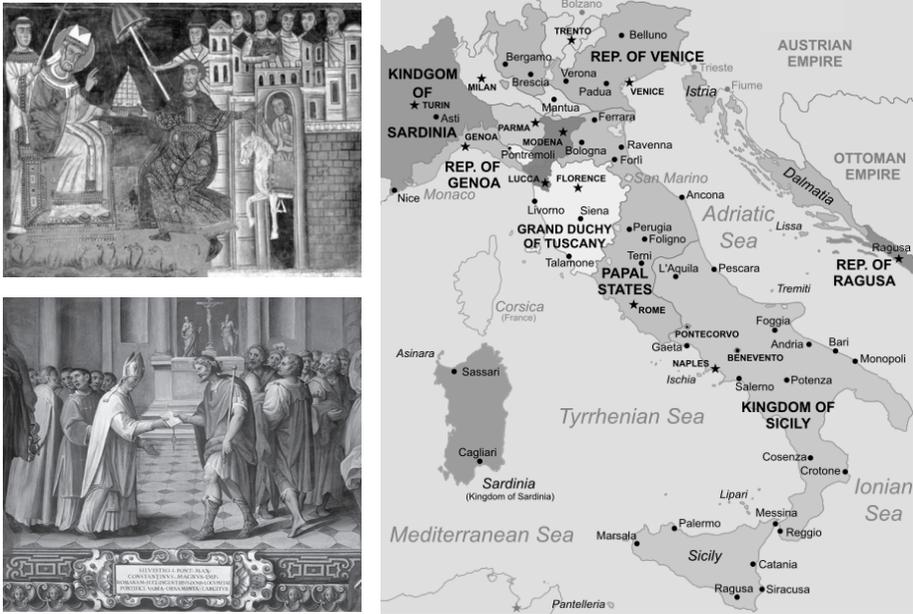


Figura 2.9 Cuadros que representan la supuesta “Donación de Constantino” y un mapa de la Península Itálica que muestra cómo se dividía en el siglo XVIII.

3.2. El incidente Roswell. Este famoso acontecimiento se inicia con el descubrimiento por parte del ranchero local William “Mac” Brazel de los restos de un globo aerostático espía del Proyecto Mogul que cayó en Roswell, Nuevo México. Inicialmente los lugareños y el propio Roswell supusieron que se trataba de una nave extraterrestre que se había estrellado en la zona. A lo anterior se agregaron después los *documentos MJ-12*, prefabricados para hacer creer que la presidencia de los Estados Unidos intentaba esconder el accidente del ficticio ovni, y la construcción de “instalaciones militares secretas” para esconder los cuerpos de los ocupantes de la nave, como la llamada “área 51”, así como la famosa “autopsia de un ex-

traterrestre”. Esta última es una película apócrifa que ha sido proyectada desde 1995 en múltiples ocasiones por las cadenas de televisión de todo el mundo, aunque nunca se ha demostrado su autenticidad.

A pesar de los resultados en contrario, la leyenda continúa viva y se propaga en parte promovida por la ingenuidad de la opinión pública y los diversos intereses particulares que han producidos grandes ganancias no sólo en Roswell, por el turismo sobre el tema, sino que también con varias series de televisión y películas que han explotado la leyenda.

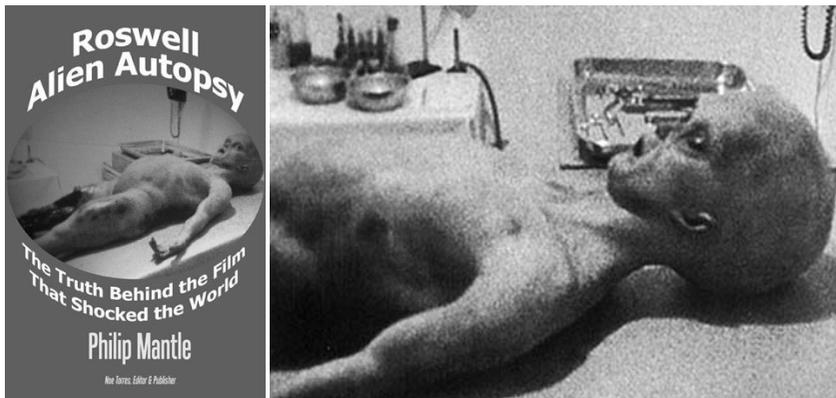


Figura 2.10 Libro que analiza los hechos ocurridos en Roswell e imagen de la película “autopsia a un extraterrestre”.

3.3. Los supuestos poderes psíquicos. Conan Doyle⁹ no solamente fue un gran escritor, sino que también fue un devoto espiritista y creyente de actos paranormales, que estaba convencido que su amigo Harry Houdini¹⁰ poseía poderes psíquicos y que se desdoblaba para salir airoso de sus famosos actos de

9 Sir Arthur Conan Doyle (1859 – 1930). Médico y escritor escocés, reconocido por ser el creador de Sherlock Holmes. Fue inicialmente amigo de Houdini, con quien terminó enfrentado en una seria disputa por sus creencias, porque Houdini se dedicó durante sus últimos años a desenmascarar fraudes espiritistas.

10 Harry Houdini (1874 – 1926). Nombre artístico de Erik Weisz, ilusionista y escapista de origen húngaro, creador de varios trucos de magia aún vigentes.

escapismo. A pesar de que en esa fecha Conan Doyle era un personaje muy conocido y famoso, su creencia era tan fuerte que el propio Houdini nunca pudo convencerlo que sus actos se basaban únicamente en sus habilidades físicas. Esto fue a pesar de que Houdini le demostró lo contrario con al menos un truco clásico de ilusionismo y de haberle dicho la famosa frase “no llegue a la conclusión de que ciertas cosas que usted ve son *sobrenaturales*, o realizadas por *espíritus*, simplemente porque no pueda explicarlas”.

Esta creencia sobre los poderes sobrenaturales de algunas personas, la ocurrencia de hechos extraordinarios, la fe en las actividades mágicas de brujos, o la aparición de seres de otras dimensiones (entre otros asuntos fantásticos), ha dado lugar a la proliferación de una gran cantidad de videntes, adivinos y brujos que la explotan entre los creyentes. Además, estas cuestiones han servido de tema para diversas películas y series de televisión con orientación a hechos fantásticos.

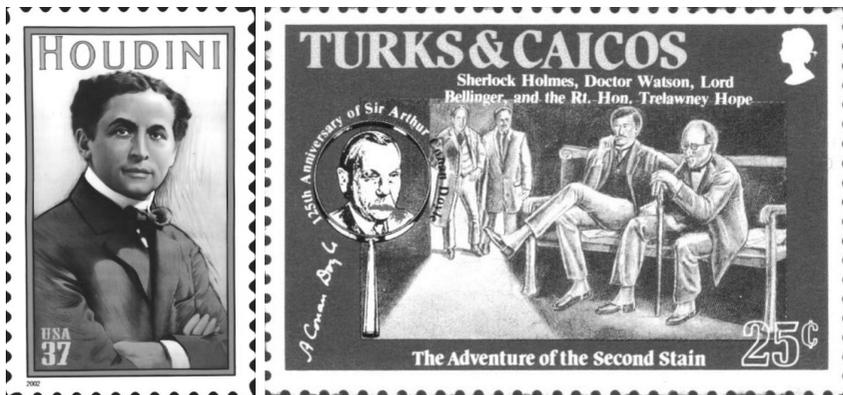


Figura 2.11 Timbres postales de Estados Unidos y de Turks y Caicos, conmemorativos de Harry Houdini y Arthur Conan Doyle.

3.4. La cirugía psíquica. Este método, supuestamente curativo, es una práctica actual y muy común en Brasil y Filipinas. Dicha práctica consiste en hacer creer que el cirujano, el cual es una

persona que no tiene estudios de medicina, introduce literalmente sus manos en el cuerpo del paciente sin escalpelo y sin provocar una herida o dejar una cicatriz, con el supuesto propósito de retirar tumores y otros tejidos enfermos.

Aunque en determinados lugares pudiera haber curaciones debido al azar o a la fuerza interior de la fe de las personas, las que han sido reportadas como “curaciones” efectivas en libros y otros medios, la realidad es que estos curanderos dan la ilusión al paciente de que su enfermedad ha sido curada. Esto lo logran porque utilizan primitivas artes de prestidigitador, así como tejidos y sangre de animales, para convencer al enfermo de su “habilidad” o “don sobrenatural”. Por tal razón, el paciente convencido puede caer en un fatal engaño. Sin embargo, esta práctica ha producido supuestas “curas milagrosas” que algunos autores han considerado como tema de estudio de importancia, por lo que se han escrito diversos libros ponderando su aplicación, a lo cual se han agregado diversos otros procedimientos no tradicionales de curación, los que pueden producir resultados positivos o tratarse simplemente de engaños.

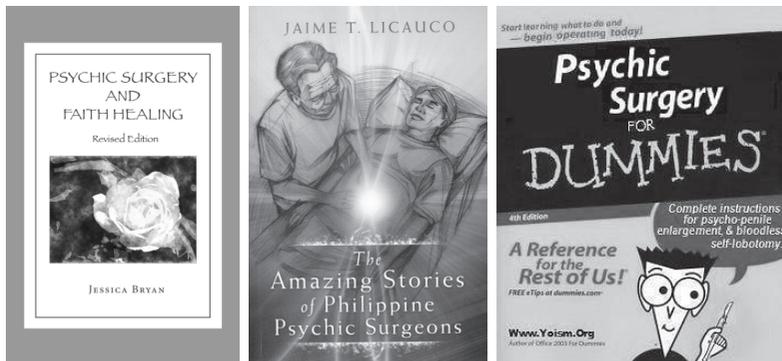


Figura 2.12 Libros de diversos autores sobre el tema de la Cirugía Síquica.

4. El oportunismo

Por razones económicas, de conveniencia personal o porque dan lugar al nacimiento de un mito, muchas historias se hacen universalmente conocidas y pueden parecer creíbles a pesar de que no son auténticas, especialmente cuando cuentan con algún patrocinio. Algunos ejemplos históricos y otros más modernos son los siguientes.

4.1. **La sirena de Fiji.** En 1842 P. T. Barnum¹¹, construyó una “sirena” uniendo una cola de pescado con el cuerpo de un pequeño orangután y la cabeza de un mono, la que fue exhibida con gran publicidad en los diarios locales junto a una serie de otras rarezas en Nueva York en el American Museum, que era de su propiedad. Uno de sus asistentes fue su cómplice porque se hizo pasar por un tal Dr. J. Griffin en cuyo papel fingió que llegaba recientemente a Nueva York y declaró que la había adquirido en Sudamérica donde había sido capturada por un marinero cerca de las islas Fidji¹². Barnum utilizó a *La Sirena de Fidji* como un atractivo más para promover el museo, puesto que lo había adquirido recientemente.



Figura 2.13 Libro de Phineas T. Barnum y fotografía de la “sirena de Fidji”.

11 Phineas Taylor Barnum (1810–1891). Famoso empresario del espectáculo y circense fundador del Ringling Brothers & Barnum & Bailey Circus.

12 Aunque se suele utilizar el nombre de Fidji o Fiji, el nombre oficial en inglés de las islas es Republic of Fiji.

4.2. La maldición de Tutankhamon. Cuando Carter¹³ descubrió en 1922 la hoy famosa tumba del faraón niño que reinó en Egipto en el siglo 12 a. C., se encontró con un tesoro tan grande que muy probablemente quiso protegerlo de los ladrones de tumbas, muy comunes en Egipto. Seguramente por esa razón se echó a correr la leyenda de la famosa maldición diciendo que una inscripción en la entrada advertía que quien entrara moriría de extrañas enfermedades, aunque no hay pruebas de tal inscripción.



Figura 2.14 Máscara mortuoria de Tutankhamón, timbres postales egipcios con imagen de esta máscara y conmemorativo del 50° aniversario del descubrimiento de la tumba.

Poco tiempo después la prensa sensacionalista concibió la idea de que los descubridores del equipo de Carter habían muerto de extrañas enfermedades. Pero, la realidad es que de las 58 personas que estuvieron presentes cuando se abrieron la tumba y el sarcófago, en los siguientes doce años sólo murieron ocho, que el propio Carter falleció en 1939 a los 67 años y el médico que hizo la autopsia a la momia vivió hasta los 75 años.

4.3. La casa embrujada. En el año de 1974 Butch De Feo asesinó en su casa a sus padres y hermanos en un episodio espeluznante como hay pocos. Esto ocurrió en el número 112 de la calle Ocean Boulevard en Amityville, Long Island, en Nueva York. Un año después George y Kathy Lutz compraron la casa y, presumiblemente

13 Howard Carter (1873 – 1939). Arqueólogo y egiptólogo británico que adquirió renombre por haber descubierto la tumba de Tutankamón.

por consejo de su abogado, alegaron ser testigos de muchas apariciones fantasmales, con lo cual dieron origen a la leyenda de la casa encantada más famosa de los Estados Unidos.

Aunque las investigaciones que siguieron demostraron que en dicha casa no ocurrían los hechos sobrenaturales que los nuevos dueños le atribuían, y que el abogado del asesino junto con ellos se habían puesto de acuerdo para realizar un negocio con la propiedad. La leyenda continúa hasta hoy y muchos la creen auténtica, al punto que Hollywood alentó dicha creencia al producir varias películas sobre el tema, como *Amityville Horror: A True Story*, entre otras.

Como resultado de lo anterior, muchas personas todavía creen que estas películas están basadas en hechos reales, ya que así las promueven los productores.



Figura 2.15 Libro y portadas de dos películas en versión digital basadas en el caso de Amityville.

4.4. Los monstruos más famosos. Aunque la leyenda se remonta al siglo VI, una fotografía supuestamente tomada en 1936 en el lago Ness, en Escocia, cerca de la ciudad de Inverness, inició la leyenda del famoso monstruo al que todos llaman Nessie. Nadie ha podido dar pruebas contundentes de la existencia de dicho ser, exceptuando otras fotografías y películas demasiado buenas para ser verdaderas, y muy pocos son los que aseguran haberlo

visto, pero hasta la fecha produce un flujo constante de turistas que los habitantes del lugar se ocupan de mantener por razones obvias. Incluso, algunas cadenas de televisión han financiado exploraciones para encontrarlo, sin resultados positivos.

Otro animal fantástico sobre el que también se han tejido múltiples leyendas es una especie de gran simio conocido en el Himalaya como el Yeti o el Abominable Hombre de las Nieves. También es conocido como en diversos lugares como Mapinguari en el Amazonas, Sasquatch en Canadá, Bigfoot en Estados Unidos y Yowie en Australia.

Los informes de encuentros son múltiples y se remontan a mediados del siglo XIX, pero no hay mayores pruebas de la existencia de ninguno de ellos, exceptuando sus grandes huellas y algunas películas, las que con toda probabilidad pueden ser producto de efectos especiales. A pesar de ello, varias investigaciones independientes han tratado de demostrar que se trata efectivamente de una criatura desconocida y que no es un truco publicitario, aunque sin resultados concluyentes.

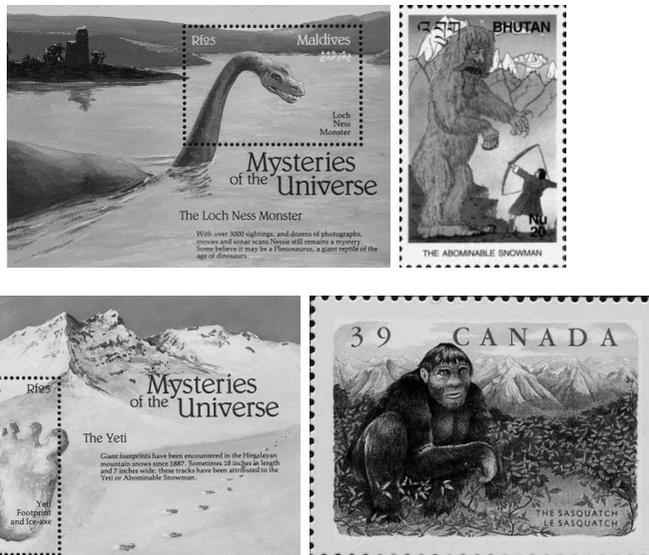


Figura 2.16 Timbres postales de las Islas Maldivas, de Bután y de Canadá, relativos a Log Ness, al Hombre de las Nieves (o Yeti) y al Sasquatch.

Algo similar ocurre con el famoso *chupacabras*, bestia demoníaca del siglo XX que según se dice recorre los campos en busca especialmente de cabras y otros mamíferos para extraerles la sangre o alimentarse de ellas. Nadie ha podido aportar pruebas fehacientes de la existencia de esta bestia, que más bien pertenece a la mitología popular, puesto que sus supuestas apariciones sólo se basan en testimonios de lugareños y en animales domésticos muertos en circunstancias extrañas. Sus andanzas mezclan largos ciclos de nula actividad, con otros de muchas apariciones que van desde México hasta Centroamérica, por lo que parece ser muy difícil que todo se deba a un ser real.

5. El engaño premeditado

En los últimos años se han descubierto varios fraudes científicos, como el protagonizado en 1974 en el Memorial Sloan-Kettering Cancer Center de Nueva York por el Dr. William Summerlin, que aseguraba haber encontrado la forma de preparar la piel de un ratón donador para que fuera injertada en un receptor, sin que hubiera rechazo. Otro engaño no menos importante ocurrió en 1980 en el Hospital General de Massachusetts, donde el Dr. John Long falsificó los resultados que había publicado sobre un estudio sobre cultivos de células procedentes de pacientes humanos con la enfermedad de Hodgkin, porque tenía urgencia en dar a conocer estos resultados, dado que había obtenido un importante financiamiento.

6. La intención política o militar

Suele ocurrir que por motivos políticos o militares se difundan noticias o datos tendenciosos o definitivamente falsos, los que tienen como propósito obtener resultados favorables a intereses particulares. El campo de la política, así como los intereses militares de grupos e, incluso de países, es particularmente fértil en este sentido. Algunos ejemplos famosos son los siguientes.

6.1. La excusa infundada. El libro *The Protocols of the Elders of Zion* fue elaborado y publicado en 1905 por la policía secreta zarista para justificar la matanza de miles de judíos en Rusia, ya que este libro documenta falsamente una conspiración

judía internacional contra el mundo. Aunque su falsedad fue expuesta en 1921 por un periodista del London Times, hasta la fecha se han publicado decenas de ediciones en diferentes lenguajes, en tanto que algunos personajes como Henry Ford lo promovieron abiertamente e incluso Hitler lo tomó como referencia para escribir su famoso libro *Mein Kampf*. En síntesis, se trata del mayor engaño y la más grande falsificación literaria de la historia.

6.2. El secreto militar. El *Glomar Explorer* fue un submarino de alta tecnología que se construyó entre 1973 y 1974, bajo el nombre de *Proyecto Azorian*, por la compañía Sun Shipbuilding and Drydock Co., bajo la dirección de Howard Hughes para realizar supuestas prospecciones en el fondo del mar, lo que significó una inversión de 3500 millones de dólares.

Sin embargo, el personal involucrado en el proyecto aseguró que la nave no podría ser usada con posibilidades económicas concretas. Esto es porque en realidad se trataba de una nave financiada y operada por la CIA para recuperar las armas nucleares del submarino soviético K-129 hundido en 1968 a una profundidad de 3 millas en un punto situado a unas 750 millas de Hawai. La empresa tuvo un éxito limitado y fue expuesta en 1975 como *Proyecto Jennifer* por *Los Angeles Times*.



Figura 2.17 Portadas de tres ejemplares del libro *Protocols of the Elders of Zion* en inglés, ruso y español.

6.3. La contrainteligencia. La *Operation Mincemeat* fue concebida y realizada por el teniente comandante de las fuerzas británicas de inteligencia Ewen Montagu para hacer creer a los alemanes que la invasión de Italia se efectuaría desde Grecia y Cerdeña, en lugar de Sicilia, como ocurrió efectivamente en julio de 1943. La operación consistió en lo siguiente: cerca de la costa de Huelva en España los ingleses arrojaron desde un submarino el cadáver del “Mayor William Martin” debidamente vestido con el uniforme real de la marina, aunque en realidad era un civil que había muerto de neumonía. El cadáver del “mayor” tenía todo el aspecto de ser un correo secreto cuyo avión había caído al mar, ya que se le colocó información falsa sobre la imaginaria invasión y una serie de otros papeles y objetos personales apócrifos en un portafolio encadenado a su muñeca. Las corrientes marinas llevaron el cuerpo hasta la playa de El Portil, donde unas horas después un pescador portugués recogió el cuerpo, el que acabó en manos de los agentes alemanes asentados en España, quienes utilizaron la información falsa para protegerse de las supuestas invasiones, lo cual garantizó el éxito de la operación para los británicos. Este hecho adquirió tal notoriedad que en 1956, la compañía 20th Century Fox realizó en Inglaterra la película *The man who never was*, con Clifton Webb en el papel principal. La película estaba basada en el libro del mismo nombre que escribió el propio Ewen Montagu sobre el tema, en 1953.



Figura 2.18 Portada del libro “The man who never was”, poster de la película en español y portada de la película en versión digital.

7. Las limitaciones de la medición

El lenguaje científico tiene un significado riguroso que no debe confundirse. Por ejemplo, la medición constituye una poderosa herramienta de la ciencia, pero en ella los conceptos numéricos Error y Resolución significan cosas distintas, lo que también ocurre con los conceptos adimensionales Precisión, Exactitud y Certeza. Por lo tanto, al confundir estos conceptos puede caerse en errores muy importantes. A continuación se detallan definiciones generales de estos términos.

- 7.1. **Error.** Es la simple diferencia entre el resultado obtenido por el instrumento y el “valor real” o que “debiera obtenerse”. Sin embargo, esta definición no es adecuada porque el “valor real” o que “debiera obtenerse” no se conoce, puesto que es el que se trata de medir. Por lo tanto, el error debe describirse más rigurosamente como la diferencia que existe entre el valor que proporciona el instrumento y el *valor conocido, el valor calibrado, el valor patrón o el valor esperado de la medición.*
- 7.2. **Resolución.** Es la mínima variación de una característica física o variable que un determinado instrumento puede detectar válidamente. En consecuencia, el instrumento no puede detectar variaciones menores que dicha característica física.
- 7.3. **Precisión.** Es la proximidad que presentan *con respecto a su propio promedio* los diferentes resultados obtenidos de la misma característica física en diversas circunstancias, ya sea con el mismo o con diferentes instrumentos. Este concepto cuantifica la repetitividad de las mediciones efectuadas o, en otras palabras, la semejanza que existe entre ellas para las mismas condiciones por lo que es una medida de la dispersión de los resultados entre sí, pero sobretodo de la *calidad del instrumento.*
- 7.4. **Exactitud.** Es la proximidad que presentan *con respecto al valor conocido de la medición* los diferentes resultados obtenidos de la misma característica física en diversas circunstancias, ya sea con el mismo o con diferentes instrumentos. Este concepto

cuantifica la dispersión de los resultados con respecto al *valor conocido*, por lo que cuantifica la *veracidad* del instrumento.

7.5. Certeza. Es la proximidad que presenta con respecto al *valor conocido* de la medición el *promedio de los diferentes resultados* obtenidos de la misma característica física en diversas circunstancias, ya sea con el mismo o con diferentes instrumentos. Por tanto, este concepto cuantifica la *calibración* del instrumento y su capacidad para proporcionar resultados dignos de crédito.

8. El uso erróneo de los datos

No es suficiente con obtener resultados adecuados, confiables y representativos de un experimento. La mayor parte de las veces los datos obtenidos deben ser procesados para extraer de ellos la información que confirme, afine o rechace la hipótesis experimental. El uso erróneo de los datos obtenidos puede dar lugar a los siguientes casos reales.

8.1. La confusión de los conceptos de la medición. De acuerdo con las definiciones anteriores, una báscula de baño puede ser más exacta que una balanza de precisión de laboratorio que no está calibrada, pero ésta última será siempre más precisa.

Cualquiera de ellas puede ser más acertada que la otra, dependiendo de su calibración. Además, la precisión no siempre se relaciona con el número de dígitos del resultado, ni con el punto de la escala en que se mide. Por ejemplo, un instrumento de alta calidad (o sea, de precisión) puede ser inútil si no está calibrado (lo que se vincula con la certeza), pero un instrumento de baja calidad (poco preciso) puede ser útil si se encuentra perfectamente calibrado (certeza).

En este orden de cosas, un reloj descompuesto da la hora exacta dos veces al día, mientras que otro que siempre está atrasado o adelantado nunca lo hará y tampoco será certero, pero por supuesto es mucho más útil que el anterior.

8.2. Los cálculos poco cuidadosos. Millikan¹⁴ se enfrentó en una encarnizada disputa con su colega Felix Ehrenhaft¹⁵ respecto de la magnitud de la más pequeña carga eléctrica. Millikan era un investigador prácticamente desconocido, aislado y escasamente equipado; en cambio, Ehrenhaft, había contribuido con múltiples publicaciones y disponía de equipo de última generación, pero utilizó absolutamente todos sus datos a pesar de que mostraban gran dispersión, con los que llegó a la conclusión que no había límite inferior para el tamaño del electrón, suponiendo con ello la existencia de “subelectrones”.

Millikan, en cambio, de los 175 experimentos que realizó, sólo utilizó los datos de los 58 que a él le parecieron más adecuados realizando una selección muy particular, con lo que llegó a establecer la magnitud de la carga del electrón y descartó la existencia de los subelectrones de Ehrenhaft.

A pesar de que la historia le ha dado la razón, este procedimiento ha despertado muchas críticas, especialmente porque no siempre están suficientemente claras las razones que tuvo para descartar la mayor parte de los datos. Sin embargo, cabe hacer notar que existe una defensa interesante del trabajo de Millikan en *American Scientist*¹⁶.

En la actualidad cualquier científico sabe que se considera ilícito escoger sólo los datos que demuestran una hipótesis en particular e ignorar el resto de ellos. En este caso además, no deja de sorprender la gran diferencia entre dos conclusiones obtenidas por investigadores que gozaban de amplio respeto entre la comunidad.

14 Robert Andrews Millikan (1868 – 1953). Físico estadounidense Premio Nobel de Física de 1923, reconocido por sus trabajos sobre la carga del electrón y el efecto fotoeléctrico.

15 Felix Ehrenhaft (1879 – 1952). Físico austriaco que hizo importantes contribuciones a la física atómica, demostró el efecto de la fotoforesis y realizó experimentos sobre otros efectos de la interacción de la luz con diferentes partículas.

16 David Goodstein. In the Case of Robert Andrews Millikan. *American Scientist*. Ene-feb 2001. Págs. 54-60.

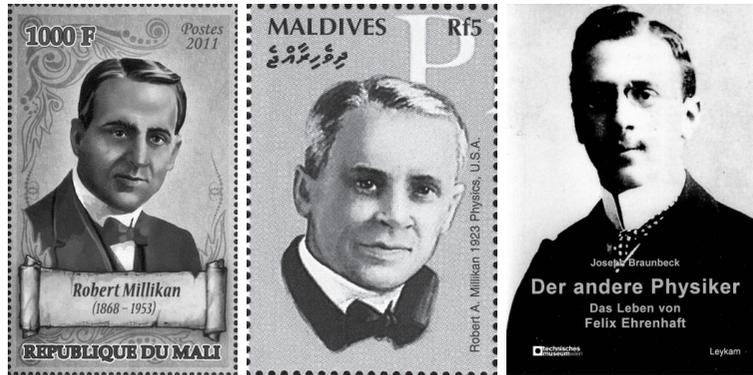


Figura 2.19 Timbres postales de Mali y Maldivas conmemorativos de Robert Andrews Millikan y portada de un libro dedicado a la biografía de Felix Ehrenhaft.

- 8.3. Representatividad de las estadísticas de los delitos.** Como se sabe, no todos los delitos son reportados, y los robos de artículos asegurados pueden ser sobredimensionados en beneficio de la compensación. El cambio de actitud de las autoridades influye en el número de reportes, puede no existir una forma adecuada para centralizar las estadísticas, o lo que se entiende por un delito puede cambiar geográficamente y de acuerdo a las circunstancias, la legislación, las costumbres, la cultura o con el momento histórico. Esto ocasiona que las estadísticas de los delitos sean usualmente poco representativas.
- 8.4. Los errores de adquisición y de procesamiento.** La forma en que se capturan los datos (como en el caso de las encuestas, donde muchas veces la pregunta orienta al encuestado en una determinada dirección) y la propagación del error en los cálculos puede dar lugar a resultados falsos o contradictorios.
- 8.5. La influencia del momento y de las condiciones de la captura.** La hora del día y el lugar del experimento pueden ser variables que influyan en el resultado. Por otra parte, los registros suelen depender de otras variables que no están controladas. Por ejemplo, la tensión nerviosa altera los datos fisiológicos; las ventas aumentan en ciertos días de la semana, del mes o

del año; el ruido atmosférico experimenta fluctuaciones periódicas; la temperatura y las radiaciones pueden afectar la operación de los circuitos electrónicos; la presencia de ciertas sustancias modifica las reacciones químicas, etc.

Conclusiones

Aunque algunas de las anécdotas comentadas pueden parecer absurdas, la verdad es que nadie está libre de caer en las trampas que existen en la búsqueda de una explicación que satisfaga a todos en forma permanente. Una de las características de la ciencia es que sólo se puede estar seguro de sus logros en forma provisional, ya que siempre puede encontrarse un resultado que contradiga o lleve a una conclusión distinta que explique mejor lo ya conocido.

Pero esta característica, que parece ser una debilidad, constituye su mayor fortaleza porque el trabajo de los científicos consiste en ir acumulando datos sobre lo ya conocido, para irlo comprobando una y otra vez hasta que una explicación más general modifique lo ya alcanzado. Tal característica, como muchas otras, es exclusiva de la ciencia porque es el único campo donde nada debe ser definitivo, ni debe asegurarse en forma dogmática. Las conclusiones, aunque son más sólidas que en todos los demás campos del conocimiento, por el hecho de que pueden ser revisadas y contrastadas con los resultados experimentales, sólo son provisionales, pero no por ello dejan de tener una mejor calidad.

Bibliografía

1. Broad, William y Nicholas Wade (1982). *Betrayers of the Truth*. Simon & Schuster. Nueva York, NY.
2. Carroll, Robert T. (1994-2011). *The Skeptic's Dictionary (A Collection of Strange Beliefs, Amusing Deceptions, and Dangerous Delusions)*. John Wiley & Sons. Hoboken, NJ. También puede consultarse en www.skepdic.com/.
3. Leibniz, Gottfried Wilhelm (2008). *Protogaea*. University of Chicago Press. Chicago, IL. Traducido y editado por Cohen, Claudine y Andre Wakefield.

4. Cromer, Alan (1997). *Connected Knowledge*. Oxford University Press. Nueva York, NY.
5. Goldstein, David (2000). *In Defense of Robert Andrews Millikan*. *Engineering and Science*. No. 4 Págs. 30–38.
6. Hines, Terence (2003). *Pseudoscience and the Paranormal*. 2a. edición. Prometheus Books. Amherst, NY.
7. Muñoz, Caupolicán (2010). *Adivinaciones, mundos reales y ficticios*. Jit Press. México, D.F.
8. Park, Robert (2000). *Voodoo Science: The Road from Foolishness to Fraud*. Oxford University Press. Oxford, UK.
9. Randi, James (1994). *Fraudes paranormales: fenómenos ocultos, percepción extrasensorial y otros engaños*. Tikal Ediciones. Girona, España.
10. Todd Carroll, Robert (2004). *Becoming a critical thinker. A guide for the new millennium*. 2a. edición. Pearson Custom Publishing. Londres, UK.
11. Voltes, Pedro (1999). *Historia de la estupidez humana*. Espasa Calpe, S.A. Madrid, España.

Capítulo 3

Lo Feo del Quehacer Científico y de Nuestra Visión del Universo

A pesar de que la actividad científica dispone de claros parámetros de conducta por medio de la ética, de la honestidad en el trabajo y la rigurosidad de los experimentos, no siempre sucede que se respeten estrictamente estas directrices. Y si esto ocurre en el ambiente científico, con mayor razón pueden ocurrir hechos lamentables entre las personas comunes y corrientes. Resulta que en toda actividad se hacen presentes las fortalezas y debilidades humanas que pueden dejarse llevar por el interés personal, el deseo de sobresalir o un exceso de ingenuidad.

A lo largo de la historia de la humanidad, de la ciencia y de la tecnología se han producido muchas situaciones embarazosas para algunos ciudadanos normales, aunque en ellas también han caído ciertos expertos. En ocasiones se han publicados resultados poco serios, ha habido grandes desilusiones, no pocos engaños y más de algún escándalo. Las personas comunes y corrientes están muchas veces más inclinadas a cometer errores a causa de sus creencias, su formación, la falta de conocimiento sobre algunos temas o, simplemente, por exceso de credulidad. Pero estas situaciones incluyen no sólo al ciudadano común, sino también a algunos destacados científicos. A continuación se detallan algunos de los casos más famosos.

Errores y Fraudes Cometidos por Personas Comunes y Corrientes

Aunque son situaciones casi anecdóticas que ocurrieron con personas comunes y corrientes, en algunos casos estuvieron involucrados personajes relevantes de la comunidad y no pocos expertos de la época, por lo que son un ejemplo del ingenio y de la credulidad del ser humano que merecen ser analizados.

Visitantes precolombinos

En 1860 David Wyrick anunció haber encontrado las “Piedras Sagradas de Newark” cerca de Ohio, las que actualmente se exhiben en el Museo de Johnson-Humrickhouse en Coshocton, Ohio. Dichas piedras, escritas en hebreo, supuestamente demuestran que el continente americano habría sido visitado por antiguas civilizaciones mucho antes que Colón. Sin embargo, aunque rápidamente se demostró que se trataba de un fraude, porque se encontraron inconsistencias en la escritura del hebreo, todavía hay quienes creen que son auténticas, por lo que actualmente son un tema muy controvertido.

El gigante de Cardiff

En 1869 en una granja cercana a Cardiff, Nueva York, George Hull mandó construir un gigante de piedra de más de 3 metros de altura y más de una tonelada de peso, para que fuera “descubierto” y semejara un fósil humano. Al encontrarse en él huellas recientes de herramientas para cincelar, así como tejidos blandos supuestamente petrificados (lo que no es posible) se demostró que se trataba de un evidente engaño.

A pesar de lo anterior, el gigante de Cardiff generó una buena ganancia a sus “descubridores”, quienes cobraban por verlo, lo que ocurre hasta hoy porque se exhibe en el Farmers’ Museum en Cooperstown, Nueva York. Por otra parte, P. T. Barnum quiso comprarlo pero, al no poder hacerlo encargó una réplica, la que se encuentra en el Museo de las Maravillas Mecánicas de Marvin, en Farmington Hills, Michigan.



Figura 3.1 Fotografía de una de las piedras de Newark y del gigante de Cardiff.

Hadas en el jardín

En Cottingley, Inglaterra, una niña de 16 años Elsie Wright y su prima Frances Griffiths de 10, mostraron en el año de 1917 unas fotografías tomadas en su jardín, en las que se observaban rodeadas de pequeñas criaturas aladas que parecían hadas. Los expertos en fotografía determinaron que las fotos no habían sido alteradas (lo que resultó verdadero para las fotografías, pero no tanto para los escenarios). Inclusive Sir Arthur Conan Doyle, de quien ya se ha comentado que era un devoto espiritista, defendió el hecho imaginando que eran hadas que regresaban al mundo. Su libro *The Coming of the Fairies* (La llegada de las hadas), del cual todavía pueden encontrarse reediciones, se inspiró en este engaño.

El caso ha persistido en la memoria por ser el primer efecto visual de la historia de la fotografía, ya que no fue sino hasta 64 años después que admitieron que la broma había sido hecha con imágenes copiadas de libros de la época sostenidas por los largos alfileres que se usaban en los sombreros de señoras. Este engaño ha tenido tanta trascendencia que en 1997, la Compañía Paramount Pictures revivió el caso con la película *Fairy Tale: A True Story*, con Peter O'Toole en el papel de Conan Doyle.

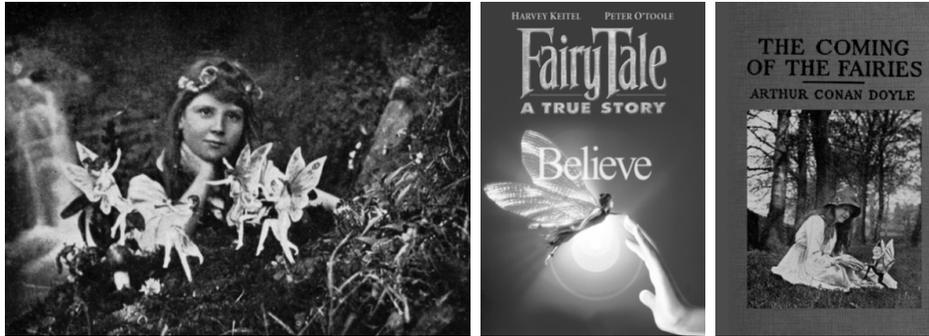


Figura 3.2 Una de las fotografías del caso “hadas en el jardín”, portada de la película realizada sobre el tema, y portada del libro de Conan Doyle.

La publicidad subliminal

En los años cincuenta, James Vicary, un investigador de mercado y aficionado a la psicología, aseguró haber realizado un experimento que consistía en desplegar muy brevemente en la pantalla de un cine y cada pocos segundos la frase “coma palomitas de maíz”, lo que había incrementado notablemente las ventas del producto. Aunque el mensaje subliminal no podía ser leído se grababa supuestamente muy profundo en el cerebro de los espectadores. Sin embargo, a pesar de diversos intentos serios por duplicar los resultados, ninguno de ellos tuvo éxito por lo que la maniobra demostró no ser efectiva.

Además, aunque nunca fue publicado en una revista y en 1962 Vicary finalmente admitió que se había precipitado en difundir su “hallazgo”, todavía hay profesionales de la mercadotecnia que creen en la publicidad subliminal. Inclusive, algunos estudios recientes han logrado, aparentemente, demostrar que bajo ciertas condiciones especiales la publicidad subliminal puede tener algún efecto entre quienes la reciben¹.

Los Círculos en el Trigo

En medio de la noche, a mediados de los años setenta del siglo pasado comenzaron a aparecer mágicamente en los campos de cultivo de trigo de Inglaterra extraños patrones geométricos creados con cereales aplastados.

1 Karremans, Johan C., Stroebe Wolfgang y Claus Jasper. Beyond Vicary's Fantasies: *The Impact of Subliminal Priming and Brand Choice*. Journal of Experimental Social Psychology. Vol 42, No. 6, Noviembre 2006, Págs. 792-798.

Aunque en un comienzo no se produjo mayor revuelo, pronto la prensa y la opinión pública se interesaron hasta el punto en el que se elaboraron múltiples análisis y se produjeron diversas explicaciones de expertos e inexpertos. Algunos de estos *cereologistas* imaginaron extrañas fuerzas magnéticas que llamaron *vórtices*, otros culparon a mecanismos atmosféricos o climáticos aun desconocidos o que no podían explicar, pero muchos interpretaron rápidamente el fenómeno como pruebas inequívocas de la visita de naves extraterrestres o de mensajes inteligentes enviados desde el cosmos, aunque nunca se han encontrado pruebas en ese sentido.



Figura 3.3 Un libro de August Bullock que contiene un claro mensaje subliminal en la portada.

A pesar de que los incidentes se difundieron ampliamente a escala mundial como un fenómeno inexplicable, pocos imaginaron que se trataba de una simple broma, aunque uno de los mensajes escritos aparecido en 1987 decía WE ARE NOT ALONE, ya que hubiera sido más natural que dijera YOU en lugar de WE. Fue sólo hasta 1991 que Doug Bower y Dave Chorley revelaron la forma en que habían construido los primeros círculos con cuerdas atadas a largas tablas para aplastar los cultivos, técnica que fue descubierta intuitivamente e imitada por múltiples seguidores espontáneos en varios países.

Bower y Chorley eran dos artistas retirados de Southampton que habían concebido la broma en su bar favorito: The Percy Hobbs y que, de acuerdo con su declaración, habían dedicado varias noches en vela a diseñar y construir sus *cerealoglifos*, aunque tardaran en esto último sólo unos cuantos minutos. Como la prensa no dio demasiada cobertura a esta confesión inesperada, todavía hay

quienes creen que la verdadera explicación del fenómeno tiene que ver con una singular forma de comunicación de seres de otro mundo, aunque ya casi no hay incidentes de este tipo. Tal vez por eso en el año 2002 Touchstone Pictures en asociación con otras compañías filmó “Signs” con Mel Gibson en el papel estelar, película inspirada en estos hechos, por lo que explota los aspectos enigmáticos del tema en forma de una película de ciencia ficción y de suspenso.

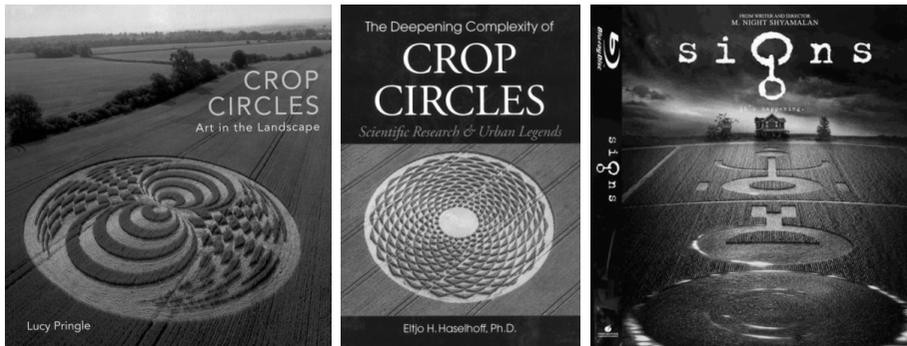


Figura 3.4 Portadas de dos libros sobre los “cerealoglifos” y portada de la película “Signs”.

Los Errores más Destacados Cometidos por Científicos

En los siguientes párrafos se comentan algunos grandes errores cometidos por científicos respetables que posiblemente fueron víctimas de su ingenuidad, de su deseo de llegar a un resultado favorable, que se engañaron a sí mismos, que se dejaron llevar por sus convicciones o que sufrieron de algún fenómeno de autosugestión. Algunos de los casos más interesantes, que han sido objeto de polémica, que se ha demostrado su falta de exactitud, o que han generado dudas, son los siguientes.

Demasiado bueno para ser verdad

Mendel² estableció las leyes de la herencia de acuerdo con resultados que publicó en 1865 y 1866, al trabajar con muchos datos sobre siete características hereditarias de un guisante (*Pisum sativum*). Sus hallazgos fueron poco difundidos

² Gregor Johann Mendel (1822 – 1884). Monje agustino y naturalista austriaco que estudió la herencia trabajando con las características hereditarias de las semillas de diferentes variedades del guisante *Pisum sativum*.

y poco conocidos por muchos años, pero fueron redescubiertos a principios del siglo XX en forma independiente por Carl Correns, Erich von Tschermak y Hugo de Vries, lo que dio forma a las leyes de la herencia que se le atribuyen.

Sin embargo, los análisis estadísticos realizados en 1936 por R. A. Fisher³ llegaron a la conclusión que los datos de Mendel son demasiado favorables para no estar contaminados en diversas formas, aunque Fisher nunca ha responsabilizado a Mendel por este hecho. Por una parte sus experimentos no son ciegos y algunas características (como que si la semilla es arrugada o lisa) dependen del juicio del observador. Por otra parte, los resultados son sólo aproximaciones, ya que la experiencia demuestra que la herencia es mucho más aleatoria de lo que afirman sus leyes. Además, aparentemente omitió publicar los resultados de sus experimentos fallidos (los que no respondían a sus expectativas). Finalmente, es importante destacar que las siete características que estudió dependen de genes individuales, lo que es muy difícil de encontrar en una selección aleatoria, que Mendel nunca publicó los resultados con características menos elementales y aunque inició experimentos con plantas más complejas, no pudo interpretar los resultados, por lo que abandonó este estudio.

La polémica iniciada por Fisher ha producido tanto acusadores como defensores, por lo que un interesante trabajo que pretende terminar con esta controversia es Franklin, Allan et al (2008). *Ending the Mendel-Fisher Controversy*. University of Pittsburgh Press. Pittsburgh, PA.



Figura 3.5 Timbres postales alemán y austriaco conmemorativos de Gregor Mendel y portada del libro que pretende concluir con la controversia con Fisher.

3 Ronald Aylmer Fisher (1890 –1962). Científico, matemático y genetista inglés creador de la inferencia estadística. El artículo original es: R. A. Fisher (1936). *Has Mendel's Work Been Rediscovered?* *Annals of Science* 1:115-137.

Morton y la capacidad craneana

Morton⁴ fue un investigador considerado buen científico que creía conscientemente que los indígenas eran inferiores a los individuos de origen caucásico quien, además, disponía de una gran colección de cráneos de diferentes razas y etnias.

Para demostrar su creencia, Morton midió la capacidad de un millar de cráneos usando primeramente semillas de mostaza con las que relleno los cráneos y luego las midió en un cilindro graduado, procedimiento que posteriormente modificó al utilizar pequeños perdigones de plomo, con lo cual obtuvo resultados que, según su afirmación, *no diferían más allá de una pulgada cúbica para el mismo cráneo.*

Por otra parte, Morton utilizó una gran colección de cráneos más pequeños con lo que redujo el promedio indígena (nativos americanos), pero eliminó los cráneos caucásicos de menor tamaño, con lo que elevó el promedio de éstos. Sus conclusiones, como podría esperarse, confirmaron que los blancos estaban en el extremo superior, seguidos por los indígenas y al final, por los negros africanos. Además, en el grupo de los blancos estaban arriba los teutones y anglosajones seguidos de los judíos.

Sin embargo, ya se ha demostrado en múltiples ocasiones que la capacidad del cráneo no es coincidente con el volumen del cerebro y que el volumen de éste no se relaciona con el nivel de inteligencia. Morton olvidó advertir que la capacidad craneal está mucho más relacionada con el volumen corporal que con cualquier otra característica humana. De hecho, los Neandertales tienen un cráneo y un volumen cerebral superior al del ser humano moderno, porque eran más corpulentos. En consecuencia, la suposición de que a mayor capacidad craneal hay mayor volumen cerebral y mayor inteligencia, es completamente falsa, errónea, y llena de prejuicios.

4 Samuel George Morton (1799 – 1851). Médico y antropólogo estadounidense considerado partidario del racismo científico, lo que trató de fundamentar midiendo el volumen de cráneos humanos. Sin embargo, sus métodos de medición han sido objeto de muchas críticas y de gran controversia.



Figura 3.6 Portadas de varios libros publicados por Samuel George Morton.

Los rayos N

A mediados de 1903 el profesor Blondlot⁵, jefe del Departamento de Física de la Universidad de Nancy en Francia, anunció el descubrimiento de un nuevo tipo de radiación emitida por todos los metales. Dicha radiación presentaba supuestas propiedades muy superiores a los rayos X y podía comprobarse a simple vista sobre un papel en blanco, en la semioscuridad. A este “descubrimiento” lo llamó “rayos N”, en honor a la universidad a la que pertenecía.

Sin embargo, aunque con otros investigadores alcanzó a publicar una docena de artículos técnicos en *Comptes Rendus*, prestigiosa revista francesa, y se realizaron conferencias sobre el tema la mayoría de los científicos estaban escépticos lo que motivó que fuera persuadido a repetir sus experimentos en presencia de un colega extranjero. Como el visitante no lograra ver lo que Blondlot y su asistente insistían que estaba ocurriendo en el laboratorio, éste decidió poner a prueba a sus colegas “modificando” el experimento. Aprovechándose de la casi total oscuridad en que debían realizarse las pruebas, retiró un prisma del sistema (pieza clave para el éxito del ensayo) y comprobó que los anfitriones obtenían las mismas lecturas con y sin dicho prisma⁶. Los resultados se debían, muy posiblemente, a un exceso de credulidad o a alguna sutil forma de alucinación, de autosugestión o de auto hipnotismo.

5 Prosper-René Blondlot (1849 – 1930). Renombrado físico francés que recibió en 1904 el premio Prix Leconte de la Academia de Ciencias francesa por la totalidad de su trabajo, pero sin mencionar los rayos N. Previamente había recibido otros premios de la Academia por su trabajo sobre las consecuencias de la teoría del electromagnetismo de Maxwell.

6 Wood, Robert W. (1904). The N-rays. *Nature*, 70, 530-531.

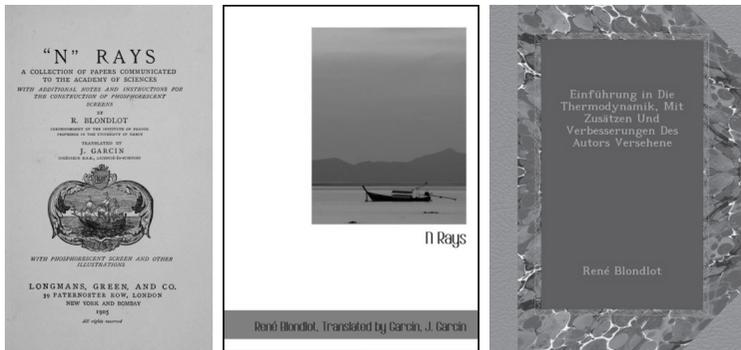


Figura 3.7 Colección de artículos enviados a la Academy of Sciences y dos libros de René Blondlot sobre el tema de los Rayos N.

Michelson y la velocidad de la luz

Michelson⁷ dedicó los últimos años de su vida a efectuar alrededor de 3000 mediciones independientes para estimar dicha velocidad con mayor exactitud. El procedimiento consistía en un espejo rotatorio octogonal que reflejaba la luz en un espejo cóncavo situado a 35 km de distancia, el cual la enviaba de regreso a otra cara del octogonal. Un observador podía ver el rayo de luz sólo cuando este espejo giraba a ciertas velocidades (algo más de 32 000 rpm), por lo que conociendo la distancia entre los espejos y la frecuencia de rotación, podía calcularse la velocidad de la luz. Aunque Michelson no pudo ver concluido su trabajo, sus ayudantes obtuvieron como resultado un promedio de 299 774 km/s.

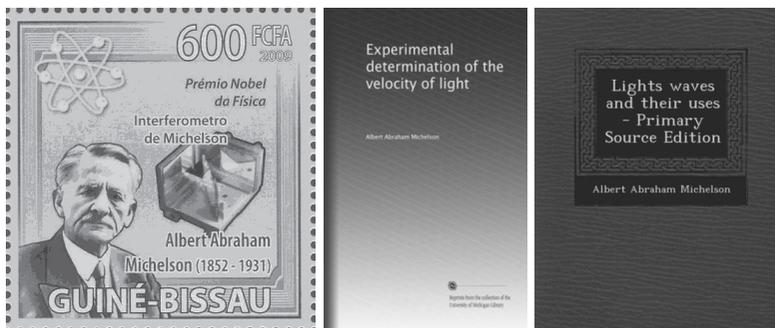


Figura 3.8 Sello de correos de Guinea-Bissau conmemorativo de Michelson.

7 Albert Abraham Michelson (1852 – 1931) Premio Nobel de Física en 1907 por sus trabajos relacionados con la medición de la velocidad de la luz.

Este valor fue analizado por un experto en medición y errores, quién concluyó que el resultado se encontraba dentro de un margen de error de 4 km/s. Más adelante, se comprobó con mediciones hechas con radar que el resultado de Michelson estaba a 16 km/s del valor correcto, precisión que está muy lejos de la estimada por el experto. Nadie ha sido capaz de explicar este caso con claridad, aunque seguramente se relaciona con la gran autoridad de Michelson, el peligro de corregir a los consagrados, al exceso de confianza en el método de procesamiento de los datos o en quienes lo realizaron, en suposiciones erróneas respecto al vacío en el que se hacen las mediciones o a que la velocidad de la luz y del radar no son exactamente iguales.

Los Engaños más Famosos

No podrían faltar en este recuento los más celebres engaños en los que han caído algunos científicos, así como diversas respetables instituciones en manos de diestros bromistas o ingeniosos embaucadores, aunque algunos han sido víctimas de su imaginación, de su ingenuidad o de sus sueños, circunstancias que son una clara demostración de que finalmente quienes se dedican al quehacer científico también son humanos.

El hombre de Piltdown. En 1912 el arqueólogo aficionado Charles Dawson desenterró fragmentos de un cráneo humanoide en Piltdown, Inglaterra, incidente que da inicio a lo que actualmente se conoce como el mayor fraude científico de todos los tiempos. Una mandíbula de simio fósil unida convenientemente a un cráneo efectivamente humano, aunque más reciente, y a diversos otros huesos de diferentes épocas convencieron a muchos de que se trataba del “eslabón perdido” de la evolución y la mejor prueba de la teoría de Darwin.

Sólo 41 años más tarde, en 1953, pudo demostrarse que los fósiles no eran auténticos cuando se utilizaron nuevos métodos basados en la radioactividad para fecharlos. Además, los molares de la mandíbula habían sido claramente limados, los diferentes trozos habían sido tratados mecánica y químicamente para envejecerlos y para que semejaran ser del mismo individuo y de la misma época. Aunque en un principio se culpó a muchos de ser los autores intelectuales del hecho sólo hasta 1988, diecisiete años después de su muerte, se comprobó finalmente que el verdadero autor fue

Martin A. C. Hinton, en ese entonces curador de Zoología del Museo de Historia Natural de Londres y reconocido bromista, por lo que Dawson fue posiblemente una víctima más del famoso engaño.

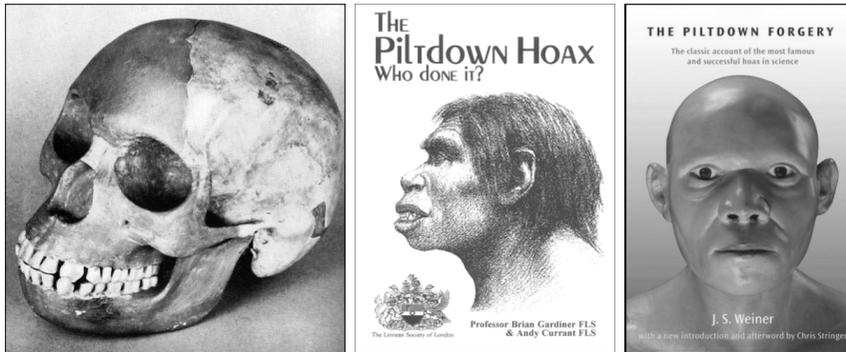


Figura 3.9 Cráneo del hombre de Piltdown y portadas de dos libros que analizan el engaño.

La tribu de los Tasaday. En 1972 la prestigiosa revista National Geographic dedicó su principal historia a los Cavernícolas de la Edad de Piedra de Mindanao, llamados Tasaday, quienes supuestamente habitaban en cuevas de la selva húmeda de Filipinas aislados de la civilización. La revista consignó que usaban herramientas primitivas, vivían de la recolección, vestían con hojas de orquídeas, no sabían medir el tiempo, no tenían calendario, no usaban armas y no conocían la palabra “guerra”.

Después de un breve periodo de gran excitación, los científicos no pudieron continuar visitando el lugar, porque la zona fue declarada reserva protegida por el gobierno de Marcos. No fue sino hasta 1986 que pudo descubrirse la falsedad, ocasión en que un antropólogo suizo recorrió las montañas para encontrar finalmente a los “Hombres de la Edad de Piedra” usando pantalones de mezclilla y playeras, viviendo en chozas y cultivando sus propias cosechas. Algunos de los miembros de la “tribu” confesaron ser campesinos que habían sido sobornados para hacer creer que vivían como cavernícolas.

La revista alegó que los cambios pudieron ser provocados por la aculturación que supuestamente se realizó durante los años en que no fue posible realizar una visita científica, algo similar a lo que se comentó en el párrafo “La Influencia del Experimentador” de la sección “Lo Malo del Quehacer Cien-

tífico” del capítulo anterior. Sin embargo, muchos creen que fue una estrategia efectuada por M. Elizalde jefe de la Agencia Filipina para la Protección de las Minorías con el propósito de explotar los recursos naturales de la zona.

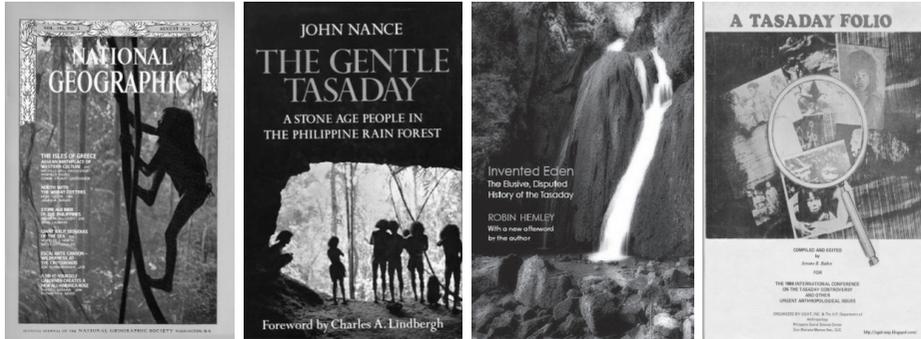


Figura 3.10 Portada del número de la revista National Geographic en la que aparece el reportaje a la tribu Tasaday, un par de libros escritos sobre el tema y una recopilación de documentos de una conferencia sobre esta controversia.

La fusión fría. En 1989 Stanley Pons y Martin Fleischmann, investigadores de las Universidades de Utah (Estados Unidos) y Southampton (UK) respectivamente, divulgaron con gran despliegue de publicidad en la prensa que habían logrado producir “fusión fría” a temperatura ambiente en una simple celda electroquímica. El proceso consistía supuestamente en la fusión de átomos de hidrógeno pesado (deuterio y tritio) para obtener un átomo de helio, un neutrón y gran cantidad de energía, por lo que el proceso se convertiría en una fuente virtualmente inagotable de energía limpia y barata.

El átomo de hidrógeno está formado en el núcleo por un solo protón y un electrón en su único orbital; el isótopo deuterio tiene además un neutrón y el isótopo de tritio dos. En la figura 3.11 los neutrones se representan como círculos en blanco y los protones como círculos con un signo positivo para indicar su carga eléctrica. Como el átomo de helio está formado por dos protones, dos neutrones y dos electrones, la fusión fría se lograría mediante la unión de estos isótopos, dejando un neutrón libre.

Aunque en el proceso el número de protones, neutrones y electrones no cambia, la masa resultante es ligeramente menor que la de los átomos originales. Por tanto, de acuerdo con la ley de conversión de masa en energía

descubierta por Einstein, con su famosa ecuación $E = mc^2$, la diferencia resultante se convierte en energía.

Aunque diversos especialistas dijeron haber confirmado el experimento, muchos otros obtuvieron resultados negativos, a pesar de lo cual se realizaron varias publicaciones en algunas revistas mientras otras rechazaron los resultados y el primer Congreso Mundial de Fusión Fría se realizó en 1989 en Santa Fe, Nuevo México. La comunidad científica se dividió, entre los que afirmaban haber detectado importantes variaciones de temperatura y quienes no detectaron nada. Otros se retractaron rápidamente, como fue el caso de la Universidad Nacional Autónoma de México cuando en su órgano informativo interno “Gaceta de la UNAM” se anunció en la portada como noticia principal que investigadores de la Facultad de Química habían corroborado el experimento, para una semana después desmentir el hecho en páginas interiores.

A pesar de todo esto, todavía hay investigadores que creen haber alcanzado el éxito en este tema, pero la desconfianza inicial y el desprestigio en que han caído los experimentos sobre la fusión fría han generado más críticas a sus autores.

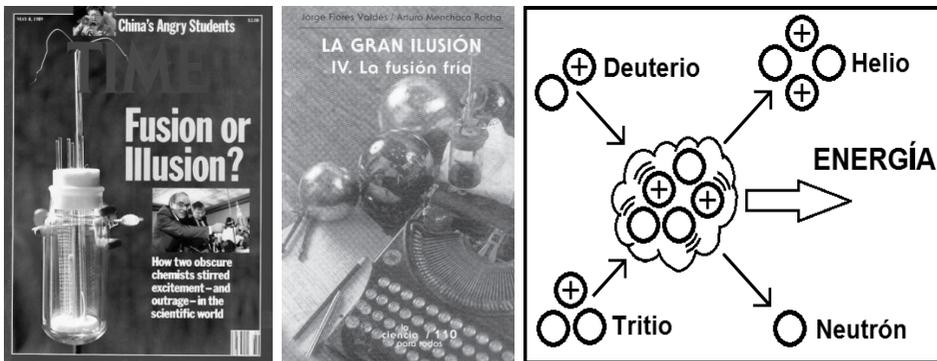


Figura 3.11 Portada de Time y del número 110 de La Ciencia para Todos, ambos sobre la Fusión Fría, y el supuesto mecanismo del proceso.

El Escándalo

Cyril Burt y la herencia del IQ⁸. Por último, para completar esta reseña de los diferentes aspectos de la actividad científica, no podía faltar un ejemplo de un famoso escándalo. Cyril Burt fue jefe del departamento de Psicología del University College en Londres, en donde reunió diversos datos acerca de varios grupos humanos, con el propósito de estudiar la herencia del IQ, entre los que destacan dos: uno de gemelos idénticos que habían crecido juntos y otro de gemelos también idénticos que lo habían hecho separados.

En diversos trabajos que publicó a lo largo de más de 10 años destaca el hecho de que los factores IQ reportados para las poblaciones de gemelos eran constantes, a pesar de que en cada estudio posterior se habían incluido nuevos pares de sujetos. No obstante, algunos atribuyen este hecho a la falta de cuidado de Burt en sus presentaciones. Por otra parte, los detractores de Burt y defensores de la teoría de que el IQ se debe principalmente a factores ambientales no apoyaban sus aseveraciones con datos concretos.

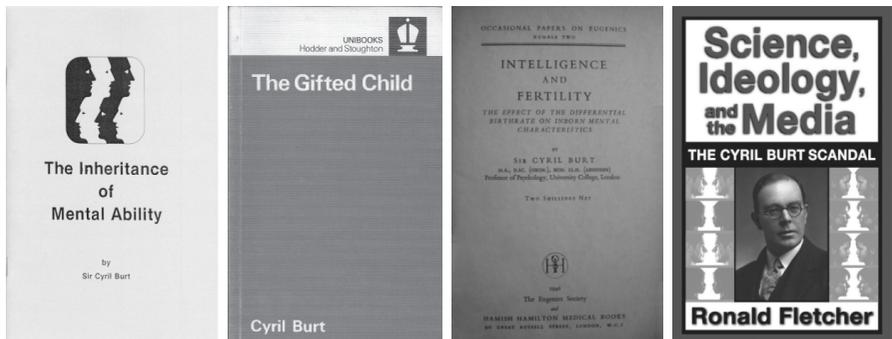


Figura 3.12 Portadas de tres publicaciones de Cyril Burt y un libro sobre el escándalo.

Además, después de la muerte de Burt, su secretaria declaró que los datos originales habían sido incinerados por orden de Liam Hudson, profesor de psicología educacional de la Universidad de Edimburgo, el cual confirmó la historia argumentando que los registros no serían de ninguna utilidad puesto que eran ilegibles para cualquier persona, exceptuando naturalmen-

⁸ IQ es la abreviatura en inglés de *intelligence quotient*, o sea, cociente de inteligencia.

te a su autor. Lo anterior desató una agria polémica en los medios en la cual Burt fue finalmente acusado de fraude, la que concluyó años después con una sentencia de culpabilidad por parte del Council of British Psychology. No obstante, este fallo fue poco claro debido a la composición del jurado, porque los argumentos no estaban bien estructurados y porque no se presentaron pruebas concluyentes sobre las principales acusaciones. Adicionalmente, con posterioridad diversos estudios independientes y más discretos han avalado la teoría de que la inteligencia puede tener un componente genético.

En conclusión, este caso puede considerarse claramente como un conflicto entre la ciencia y la ideología debido a que los estudios genéticos de este tipo tienen obvias implicaciones políticas, sociales y educativas. Además, aunque hay diversos elementos para sospechar de los métodos de Burt, la condena original parece tener connotaciones emocionales.

Sin embargo, es importante evitar los errores que son evidentes en este caso, como la intervención de los medios masivos de comunicación y la destrucción de los datos experimentales que constituyen una prueba fundamental. Al mismo tiempo que hay que rescatar el sano enfrentamiento de las ideas más allá de los intereses personales y de las convicciones de los científicos, porque este caso demuestra el alto grado de subjetividad que existe en el quehacer científico.

Principios de Ética

En la historia de la ciencia no siempre se han seguido estrictamente las reglas, lo cual no quiere decir que por esta razón no se obtengan resultados útiles. Hay que tomar en cuenta, sin embargo, que en muchas ocasiones los errores que un científico llega a cometer podrían, no solamente llevarlo a conclusiones erróneas, sino que también se constituirían en graves faltas a la ética. Algunos de estos errores que incluso bajo ciertas circunstancias llegarían a constituir un delito, se manifiestan en las siguientes conductas:

1. La violación de cualquier ley o de la propia información al obtener, procesar o informar sobre los datos, o hacerlo sin el consentimiento de los sujetos,

2. El plagio o simple copia del trabajo de otros,
3. El “recorte”, “hermoseamiento” y el “cuchareo” de los datos, el acomodo de los resultados experimentales y la selección arbitraria de estos,
4. La falsificación o fabricación intencional de datos o resultados,
5. No mantener un registro de los datos originales con la intención de engañar,
6. El abuso de la información cuando se adquieren los datos o cuando se informan los resultados,
7. El uso del nombre de otra persona como coautor con propósitos dolosos o sin su consentimiento,
8. Hacer uso de la autoridad propia para figurar como autor en un trabajo sin haber participado en él.

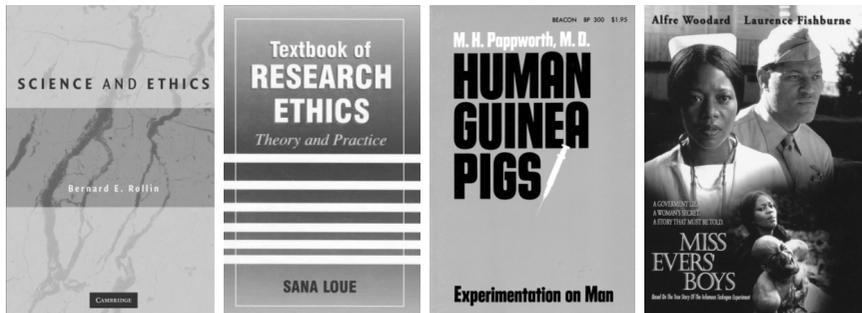


Figura 3.13 Tres libros sobre la ciencia y la ética, la experimentación con humanos y una película en formato digital basada en el experimento de Tuskegee, Alabama.

Un ejemplo destacado de violación a la ética, y de paso a algunas leyes, lo constituye el experimento médico secreto del Gobierno de Estados Unidos realizado en Tuskegee, Alabama, en los años 1932-1972 en el que se utilizó a los afroamericanos pobres para estudiar los efectos de la sífilis no tratada. A pesar de que en esos años se logró disponer de la penicilina, el experimento continuó sin que se les administrara ningún antibiótico a los pacientes. Este caso dio lugar a la película Miss Ebers' Boys, en la que cuenta la historia.

Precauciones. Cuando se trabaja en un laboratorio tratando de obtener resultados correctos, cuando se es simple espectador o se quiere formar una idea más segura de la seriedad de algunos descubrimientos, o cuando por cualquier razón debemos emitir un juicio justo sobre determinado trabajo, hay que tener mucho cuidado con lo siguiente:

1. Los resultados que aparecen con gran publicidad en los medios periodísticos, antes de ser publicados en una revista arbitrada, si es que finalmente lo son,
2. Los resultados que son muy “convenientes” o que parecen tener un propósito particular,
3. Los resultados maravillosos y/o espectaculares, y
4. Los resultados que contradicen abiertamente a la teoría establecida.

Estos casos casi nunca cumplen cabalmente con la prueba experimental y con el debate abierto, por lo que no se ajustan a los métodos, ni a las costumbres de la ciencia. Por lo mismo, también hay que tomar muchas precauciones con

1. El investigador que se rehúsa a realizar un experimento crítico que podría refutar su teoría,
2. Las pruebas que “no se pueden hacer” o que requieren la presencia de alguien en particular,
3. Los experimentos que siempre estarán sujetos a una interpretación subjetiva,
4. La intervención de fuerzas o energías extrañas que no se explican claramente, y
5. Los efectos que se producen en el límite de lo detectable.

Conclusiones

Finalmente, es necesario agregar que no solamente los investigadores y los científicos tienen o pueden tener una visión estructurada del universo. Con toda seguridad las personas comunes y corrientes tienen o llegan a tener un criterio establecido con respecto al universo y a su vida en particular, ya sea

por convicciones religiosas o de cualquier otra índole, por lo que esta condición parece ser una característica humana imprescindible para todos. Sin importar si estas visiones o criterios son o no consistentes siempre constituyen una especie de camino o brújula del desarrollo individual que permite conformar todo un cúmulo de convicciones que les sirven para orientar sus vidas.

En consecuencia, sin importar la vinculación que tengamos con la investigación científica, para obtener resultados consistentes, apreciar mejor los avances de la ciencia y tener una concepción del mundo más fidedigna, debemos tratar de desarrollar nuestro trabajo con honestidad, observar críticamente y con serenidad las opiniones y el trabajo ajeno, y no dejarnos llevar por la espectacularidad. Porque, aunque sea a tropezones, con bastante lentitud, con algo de desorden y algunas veces con procedimientos poco claros, errores, engaños y uno que otro fraude, el avance de la ciencia se verá siempre iluminado por su fe en el experimento y en la discusión pública e informada de sus hallazgos. Seguramente por eso, recordando a Carl Sagan, podemos imaginarla como nuestra única luz en la oscuridad.

Bibliografía

1. Cromer, Alan (1995). *Uncommon Sense: the Heretical Nature of Science*. Oxford University Press. Nueva York, NY.
2. Fisher, R. A. (1990) *Has Mendel's Work been Rediscovered?* The Origins of Genetics, editado por C. Stern y E. R. Sherwood. W. H. Freeman. San Francisco.
3. Franklin A. (2008) *Ending the Mendel-Fisher controversy*. University of Pittsburgh Press, PA.
4. Gardner, Martin (1957). *Fads and Fallacies in the Name of Science*. Dover. Mineola, NY.
5. Gilovich, Thomas (1993). *How We Know What Isn't So: The Fallibility of Human Reason in Everyday Life*. The Free Press. A division of Simon and Schuster Inc. Nueva York, NY.
6. Gould, Stephen Jay (1981). *The Mismeasure of Man*. W. W. Norton. Nueva York, NY.

7. Gould, Stephen Jay (1982). *Pittdown Revisited*, en *The Panda's Thumb*. W.W Norton and Co. Nueva York, NY.
8. Gratzler, Walter (2001) *The Undergrowth of Science: Delusion, Self-Deception, and Human Frailty*. Oxford University Press. Oxford, UK.
9. Kahneman, Daniel (2011). *Thinking, Fast and Slow*. 1a. edición. Farrar, Straus and Giroux. Nueva York, NY.
10. Randi, James (1982). *Flim-Flam! Psychics, ESP, Unicorns, and Other Delusions*. Prometheus Books. Nueva York, NY.
11. Rousseau, Denis L. (1992). *Case Studies in Pathological Science*. American Scientist. Vol 80 No. 1. Págs. 54-63.
12. Sagan, Carl y Druyan, Ann (1997) *The Demon-Haunted World: Science as a Candle in the Dark*. Ballantine Books. Nueva York, NY.
13. Shermer, Michael (2002). *Why People Believe Weird Things: Pseudoscience, Superstition, and Other Confusions of Our Time*. Edición revisada y aumentada. Holt Paperbacks. Nueva York, NY.
14. Van Noorden, Richard (2007). *Cold Fusion Back on the Menu*. Chemistry World. Vol 4 No. 4.

Capítulo 4

Reflexiones diversas

Una de las características más relevantes del género humano es que tiene la capacidad de abstracción, de imaginar qué sucedería si se dieran ciertas condiciones, pero también de presentarse problemas aparentemente poco prácticos y de intentar resolverlos aunque ello no signifique más beneficio que la satisfacción personal y la realización de un ejercicio mental.

Por ello, uno de los ejercicios más productivos y no sólo para el intelecto es preguntarse ‘¿qué pasaría si...?’, ya que al imaginar las consecuencias de esta reflexión puede darse lugar a resultados interesantes que de otra manera no se lograrían.

Hay algunas curiosidades que merece la pena considerar y, también, meditar sobre ellas aunque parezcan cuestiones banales, sobretodo porque pueden tener influencia en la vida diaria. Por ejemplo, podemos preocuparnos y basarnos en diversas suposiciones conocidas para saber de antemano el tiempo que invertiremos en llegar a nuestro trabajo o a nuestra casa, pero también sucederá algo similar cuando intentemos saber si un proceso computacional terminará a tiempo o en un plazo predeterminado.

En otro orden de cosas, la ocurrencia simultánea de dos o más sucesos puede parecer simple ya que forma parte de nuestro conocimiento intuitivo. Sin embargo, en el caso de los equipos de cómputo comunes que suelen quedarse “congelados” en ocasiones, esta situación implica usualmente que se han producido conflictos internos originados simplemente por las conse-

cuencias de lo que significa la ocurrencia simultánea de dos sucesos, entre otras razones. Pero, además, la simultaneidad no es algo sencillo ni intuitivo si se considera que, de acuerdo con la relatividad, el tiempo transcurre para cada quien de acuerdo con la velocidad con que dicha persona se desplace.

Además, para reflexionar sobre otros temas sin mucha trascendencia, pero que han ocupado y a veces divertido a muchos, podemos especular si el comienzo del siglo puede realmente establecerse con precisión; si una disyuntiva tan trivial como el huevo y la gallina puede tener una solución apropiada; o sobre lo que significan unas gotas que quedan en un vaso después de haber bebido de él. Por último también vale la pena reflexionar sobre algunas cuestiones menos comprendidas, más polémicas y de mayores alcances como son las implicaciones de la Genealogía, del Genoma y de la Evolución de las Especies, incluyendo por supuesto en esta última al ser humano.

¿Cuánto va a Tardar?

El que espera desespera, reza un antiguo proverbio que sigue estando vigente porque no deja de tener razón. Al permanecer en una fila para realizar una compra, tomar el transporte público, efectuar un pago o iniciar un trámite, el tiempo se nos hace eterno y quisiéramos saber cuánto tendremos que esperar para llegar adelante y ver finalmente satisfecho el objetivo que nos llevó a permanecer en dicha fila. Tal situación se repite en muchas situaciones, porque en nuestro mundo tan agitado son demasiadas las circunstancias en las cuales nos preocupa saber con anticipación cuánto vamos a tardar o cuánto demorará tal o cual cosa. Este ejercicio tan común resulta que nos motiva a tratar de adivinar, o al menos imaginar, qué ocurrirá en el futuro próximo.

Pero no se trata de un simple ejercicio de adivinanzas, porque sabemos que algunas cosas pueden acotarse temporalmente debido a que la forma en que se desarrollan es muy conocida, o porque la experiencia nos ha dado elementos para pronosticarla, por ejemplo:

1. El péndulo de un reloj oscila con sorprendente regularidad;
2. El agua hierve en unos cuantos minutos;

3. La composición de un disco de música suele tener una duración menos definida, pero raramente supera ciertos límites bien conocidos;
4. Lo que tardará el viaje entre dos puntos muchas veces puede estimarse con un grado de incertidumbre bastante razonable;
5. La esperanza de vida de una población dada es un valor muy conocido que por ello se utiliza para calcular las primas de seguro correspondientes;
6. Se sabe que el periodo de incubación de un huevo depende de la especie a la que pertenece;
7. El tiempo de vuelo entre dos aeropuertos suele ser muy conocido, a pesar de que algún imprevisto lo modifique notablemente; y
8. Para determinar los costos de una obra civil se requiere considerar el presupuesto y el tiempo que se invertirá en su construcción, aunque puede ocurrir que dichos datos no siempre se cumplan a cabalidad; entre muchos otros ejemplos.

Por lo anterior cabe preguntarse si siempre será posible conocer con anterioridad la duración de un proceso o el tiempo que va a demorar tal o cual actividad. Aparentemente esto es posible en todos los ámbitos, bajo ciertas limitaciones y con un error aceptable. Sin embargo, hay algunas cosas que no pueden preverse ni medirse con anticipación, como si su predicción fuera imposible.

Uno de los casos más notables de este problema se refiere a los programas de cómputo cuya duración no puede anticiparse hasta que no se hayan ejecutado realmente. En los inicios de la computación el uso de estas máquinas era muy costoso, de manera que los ingenieros quisieron encontrar la forma de conocer previamente el tiempo que demoraría la ejecución de un programa antes de que éste se cargara en la máquina correspondiente. Poco tardaron en darse cuenta que tal empresa no tenía una solución adecuada, porque las circunstancias concretas de cada programa, los datos precisos con los que se debía alimentar y los procesos específicos que tendría que llevar a cabo para su correcta ejecución no podrían ser determinados ni conocidos con anticipación ni con precisión hasta que fueran físicamente utilizados o realizados.

Efectivamente, en muchas ocasiones los datos incorrectos pueden detener abruptamente la ejecución de un programa, algunos cálculos deben ser realizados una y otra vez para afinar los resultados sin lograr mayor avance, así como que el programa puede esperar indefinidamente que el usuario o un periférico le proporcione alguna respuesta o le entregue ciertos datos. En forma similar, muchos otros incidentes podrían tanto acelerar como retrasar el tiempo de cómputo que va a necesitar realmente un determinado programa.

Un buen ejemplo de lo anterior lo constituye el programa general que está presente en las modernas PC, Lap Top, Tablet o Notebook y en muchos otros aparatos digitales como los teléfonos celulares, el cual se encarga de la supervisión total de la operación del dispositivo o de la ejecución de las distintas opciones que dispone el usuario. Tales programas se conocen como “sistemas operativos”, “ambientes de trabajo” o “ambientes de programación”, ya que suelen estar activos en forma permanente supervisando la operación de todo el sistema. Por esta misma razón, uno sabe exactamente cuándo iniciarán sus operaciones (por ejemplo, al encender la PC o al arrancar el programa) pero nadie puede estar seguro de cuándo concluirán, incluso, porque el propio usuario puede dejarlos “corriendo” indefinidamente o de pronto cerrar la sesión y concluir abruptamente con su ejecución. No debe sorprendernos entonces que a pesar de todas las herramientas que se disponen para diseñar, determinar, ajustar, prever y hasta pronosticar los más diversos proyectos, empresas y materias, siempre existan problemas imposibles de resolver, como el que se ha mencionado

Simultaneidad

Un acorde musical es un conjunto de notas que se tocan al unísono para lograr un efecto armónico determinado. Todas las composiciones musicales deben tener un ritmo especial, de acuerdo con el estilo artístico dentro del cual han sido compuestas o para alcanzar la impresión que buscaba el compositor. A su vez, dos bailarines profesionales requieren la coordinación en pareja tanto para moverse al mismo tiempo o en forma conjunta, como para que puedan ejecutar los pasos que la danza requiere sin tropezar ni estorbarse, lo que les permite obtener un resultado armónico y visualmente

atractivo. En el caso de muchas máquinas, incluyendo muchas de uso doméstico como una sencilla lavadora programable, resulta que deben realizar determinadas tareas paralelamente y otras en una secuencia predeterminada para alcanzar los objetivos para los cuales fueron construidas. Para este efecto, algunos circuitos electrónicos en particular y los sistemas de cómputo en general disponen de un elemento indispensable que marca el ritmo que deben seguir los procesos internos, a veces para actuar en forma simultánea y otras para hacerlo en un orden muy específico. Se trata del reloj interno.

Como puede verse hay muchos casos en los cuales la simultaneidad¹ y el ritmo juegan papeles muy importantes para obtener ciertos resultados. Esto puede parecer algo cotidiano, sin embargo, en determinadas situaciones se presentan problemas interesantes que se refieren tanto a la necesidad de la simultaneidad como que, a veces, este requisito no se alcanza a cumplir con seguridad. Un ejemplo clásico se refiere al caso conocido de un antiguo ejército, en el que dos divisiones separadas del mismo deben ponerse de acuerdo para atacar la posición enemiga en forma simultánea y sorpresiva, a pesar de que la única forma en que pueden comunicarse entre sí es a través de mensajeros.

En los ejércitos debe existir un mando centralizado, digamos en la división A, por lo que su comandante toma la decisión de atacar al mismo tiempo con sus dos divisiones porque de acuerdo con su visión del campo de batalla ésta es la única forma de alcanzar la victoria. Si se aventura sin respaldo, lo más probable es que se enfrente a una derrota, lo que también podría ocurrir con la segunda división sin apoyo. Por tanto, envía a la división B un mensajero con un primer mensaje conteniendo las órdenes para iniciar el ataque y para que ésta división se prepare adecuadamente. Sin embargo, no puede iniciar el ataque hasta que no haya recibido una respuesta que confirme que el ejército B va a cumplir sus órdenes y que se encuentra debidamente preparado para ello. Simplemente, porque el mensajero puede ser capturado por el enemigo y no llegar a su destino, la otra división podría no estar preparada, en cuyos casos se estaría arriesgando a la derrota. En consecuencia, debe esperar a que su mensajero llegue de re-

1 Simultaneidad. Según el DRAE: cualidad de simultáneo, del latín *simul*, juntamente, a una. Que se hace u ocurre al mismo tiempo que otra.

greso o que el comandante B le envíe la respuesta afirmativa por medio de otro mensajero (segundo mensaje).

Aparentemente el problema ya está resuelto, sin embargo, desde el punto de vista del comandante B, que ya tiene las órdenes y que posiblemente esté dispuesto y preparado para atacar, se tiene el siguiente dilema. Tiene que esperar que el mensajero haya regresado donde el comandante A con el segundo mensaje conteniendo la respuesta afirmativa para que él pueda dar la orden de iniciar el ataque a la hora convenida. El caso es que no puede saber si este segundo mensaje llegó a destino y tampoco puede estar seguro de atacar porque podría aventurarse sin el respaldo de la división A, en la eventualidad de que el mensajero fuera hecho prisionero por el enemigo, entre otras calamidades.

El comandante A que, como buen estratega, ya ha pensado en este dilema toma la siguiente decisión. En cuanto recibe la confirmación envía un tercer mensaje al comandante B para que éste tenga la seguridad que necesita. Pero, tampoco puede atacar hasta que no sepa si su mensajero llegó a su destino correctamente. Por lo tanto, el comandante B no tiene más alternativa que despachar un cuarto mensajero con el correspondiente cuarto mensaje para informar al comandante A la situación y finalmente atacar simultáneamente. Pero, nuevamente debe esperar a que el comandante A reciba el mensaje respectivo..., y así sucesivamente hasta el infinito.

Aparentemente no hay forma de superar el impasse hasta que ambos ejércitos dispongan de un mecanismo de comunicaciones que elimine los retardos y las incertidumbres del envío de las órdenes y de las respectivas confirmaciones. Sin embargo, como se supone que ya hay conocimiento de la hora del ataque por parte de los dos comandantes, en la práctica puede suceder que después de un par de mensajeros el ataque se produzca de todas formas y ambos ejércitos no se compliquen con este asunto y, en caso de falla, emprendan la retirada para minimizar las pérdidas.

Como puede deducirse, el problema se debe al largo retardo que se produce con las comunicaciones ya que esta circunstancia impide la sincronización del ataque, o sea, la simultaneidad. Sin embargo, aunque este problema parece muy rebuscado y poco práctico, ya que para el caso de los ejércitos podrían buscarse otros medios de comunicación, tiene repercusiones y aplicaciones

muy importantes en el campo de la computación. Resulta que con cierta frecuencia puede darse el caso que varios procesadores independientes (aunque muchas veces puede ser el mismo procesador realizando varias tareas en paralelo) están realizando o deban iniciar dos (o más) tareas en una cierta secuencia fija o al mismo tiempo y existe un retardo en las líneas de control que los comunican. Tal es el caso de la computación distribuida y de los procesos concurrentes, donde se requieren mecanismos de control y protocolos muy estrictos para que no se produzcan conflictos como el precedente. Por eso, si de pronto su computadora “se congeló” o no responde, puede deberse (entre muchas otras razones) a crisis como la de los kaskianos ejércitos ya comentados.

Finalmente, aunque nos pueda parecer que el concepto de simultaneidad es simple y se comprende en forma intuitiva, resulta que esto puede ser cierto en un ámbito cotidiano, pero no es tan acertado si lo pensamos como una característica del universo. Resulta que de acuerdo con la Teoría de la Relatividad, cada objeto y también cada observador tienen una visión distinta del espacio y del tiempo, como se presenta en el caso de la paradoja de los gemelos de Langevin, ya comentada brevemente en el primer capítulo de este libro.

Recuérdese que, de acuerdo con esta supuesta paradoja, el conflicto se presenta cuando uno de los gemelos viaja a una gran velocidad o muy cercana a la de la luz y regresa al punto de partida, donde se encuentra con su hermano que ha permanecido siempre allí. La consecuencia de este encuentro es que el tiempo transcurre en forma muy diferente para ambos, debido a que el viajero ha envejecido más lentamente que su gemelo, ya que para este último el tiempo ha fluido comparativamente más rápido². En otras palabras, el viajero podrá comprobar que su hermano es más viejo que él y que, por ejemplo, sus sobrinos pueden ser ya personas mayores, mientras él sigue teniendo casi la misma edad que cuando inició el viaje.

Por lo tanto, aunque los gemelos se hayan reunido en el punto físico inicial no se reúnen en el mismo tiempo, porque al encontrarse tendrán *diferentes edades biológicas* y habrán vivido *diferentes tiempos*. Lo interesante es

2 La primera comprobación de este efecto se realizó con cuatro relojes atómicos idénticos, basados en la resonancia del cesio, que fueron dispuestos a bordo de aviones comerciales para dar dos veces la vuelta a la Tierra, primero hacia el este y después hacia el oeste. Al compararlos se obtuvieron diferencias significativas que pueden verse en el artículo Hafele, J. y Richard E. Keating (1972) *Around the World Atomic Clocks: Observed Relativistic Time Gains*. Science. Vol 177. No. 4044. Págs. 168-170.

que ellos no han notado nada distinto ni extraordinario en sus vidas las que se han desarrollado con entera normalidad. En resumen, debe concluirse que el gemelo viajero *ha viajado hacia el futuro*, pero sólo *hacia el futuro de su hermano* y no hacia su propio futuro. Por lo tanto, el viajero puede *observar y hasta vivir* lo que ocurrirá con su hermano (aunque estrictamente es *lo que ocurre con su hermano y la vida que éste vive en la nueva actualidad de ambos*). En consecuencia, contraviniendo a nuestra intuición, se encuentran en el mismo sitio *compartiendo el mismo espacio, pero no el mismo tiempo*. En tal caso ¿qué ha pasado con la simultaneidad?



Figura 4.1 Definición de simultaneidad de acuerdo con Einstein. El destello de luz emitido desde el punto central llega en los tiempos t_1 y t_2 a los puntos A y B. Los tiempos t_1 y t_2 son simultáneos.

De acuerdo con Einstein, la definición más apropiada del concepto es la que se ilustra en la figura 4.1. Desde el punto medio entre los puntos A y B (como se trata de distancia, debe ser posible medirla con cierta precisión) se emite un destello de luz en ambas direcciones, lo que coincide con el concepto intuitivo de simultaneidad porque el suceso ocurre al mismo tiempo en un mismo punto. Sin embargo, llega a los destinos A y B en tiempos que pueden ser diferentes dados por t_1 y t_2 , A pesar de ello, se considera que estos dos instantes de tiempos son simultáneos.

Como resultado de esta definición relativista, aunque los tiempos son diferentes para cada uno de los gemelos que se han separado a causa del viaje de uno de ellos, los dos llegan al mismo lugar físico en forma simultánea. Por consiguiente, este concepto no ha sufrido prácticamente ningún cambio en la vida cotidiana, pero es importante cuando se trata de dimensiones cósmicas.

Entonces ¿Cuándo Comenzó el Siglo?

Al hablar de tiempos relativos, resulta que muchas otras cosas también pueden resultar relativas, por ejemplo, en los últimos años del siglo pasado aparecieron varios artículos en diversos medios y se produjeron muchas discusiones respecto de cuándo debía tomarse como el inicio efectivo del siglo XXI, el cual a estas alturas ya hemos iniciado y estamos avanzando muy claramente dentro de él. Aproximadamente la mitad de estos artículos y sus autores sostenía que debía ser el 1° de enero de 2000, en tanto que los demás se inclinaban por el 1° de enero de 2001, pero todos ellos defendían sus posiciones con sólidos argumentos. Como la controversia no parece haber sido resuelta del todo, aunque se ha olvidado casi por completo y ya en pleno siglo XXI casi nadie se preocupa por ello, puede ser oportuno hacer un balance y agregar algunas reflexiones poco profundas y un tanto inútiles sobre el tema.

En primer lugar, hay que darse cuenta que contar objetos o contar números enteros no es lo mismo que contar años. Los objetos son cosas íntegras que *no se cuentan en forma fraccionaria*, sino que se hace por unidades y los números enteros *son puntos específicos* sobre la recta numérica, o sea que no tienen dimensión, mientras que los años *son intervalos* completos sobre la misma recta (que en este caso es la recta del tiempo), por lo que sí tienen la dimensión que conocemos de 365 días, los que transcurren poco a poco hasta completar esa cantidad de días.

Por ello, tenemos que estar de acuerdo en que después de contar nueve objetos, para lo que utilizamos un dígito, se contará el décimo usando dos dígitos y que a continuación se tendrá que empezar a contar en esta nueva decena. Pero también hay que observar que sobre la recta numérica resulta que entre el uno y el diez hay *diez números*, sin embargo, se encuentran separados por una distancia *de sólo nueve unidades*, como se muestra en la figura 4.2. Esta aparente paradoja constituye el punto más interesante de la discusión y, sorprendentemente, es el menos considerado por todos.

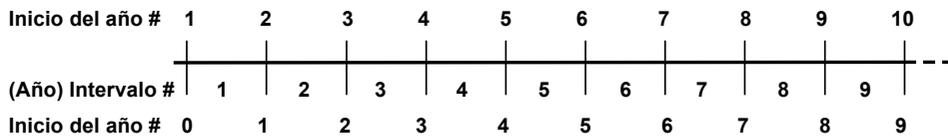


Figura 4.2 Medición de los años según el año de inicio de la cuenta.

En resumen contar años (entre otras cosas) es una tarea diferente porque, al contrario de las unidades, éstos tienen una duración de 365 días y se cumplen (o se completan) en un día específico *dentro de cada año calendario, dependiendo de cuándo se comenzó a contar*, por lo que cualquier onomástico se celebra exclusivamente en un día determinado y no a principios de cada año. Por consiguiente, los primeros instantes de vida de un niño recién nacido deberían ser los que definieran el “año cero” de éste, hasta que cumpla 12 meses o 365 días, en que apenas habrá terminado el primero e iniciado el segundo año de vida, como se observa en la cuenta inferior de la figura 4.2, que es la forma en la que se cuenta la edad de cualquier persona en la actualidad. A pesar de lo anterior, hay que destacar que en nuestra cuenta normal de años no existe el “año cero” porque esta situación no fue tomada en cuenta al instaurar el calendario actual que usamos cotidianamente. Esto quiere decir (posiblemente) que después del año 1 a. C. siguió el año 1 d. C. a pesar de que cuando se instauró, el cero ya era ampliamente conocido.

En figura 4.2 se aprecia que al final de la recta, aunque han transcurrido 9 años completos (o sea, nueve intervalos), ya se han contado 10 unidades (o sea, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9, o bien, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9, según se considere). Por cierto, desde un punto de vista más amplio podría tomarse en cuenta que al inicio del primer periodo de la figura 4.2 *está transcurriendo* el primer año y que, en consecuencia, cuando se trata de edades, es el año uno del infante, aunque nuestra costumbre es iniciar la cuenta cuando ya han pasado 365 días, o sea, un año completo. Esto da como resultado que al terminar el noveno año, la cuenta ya ha llegado a diez, pero el niño todavía no los cumple.

Por otra parte, el proceso de contar en nuestro sistema decimal en forma secuencial desde cero produce el siguiente efecto: se usa un dígito hasta que se han utilizado los 10 símbolos disponibles (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9), se usan

dos hasta que se llega al número 99, tres hasta el número 999, y así sucesivamente. Lo anterior sugiere que el evento que *podiera tomarse* como referencia para el *cambio de fecha* es el *aumento de dígitos* o el *cambio de todos los dígitos*, lo que corresponde al paso de 09 a 10, de 099 a 100, de 0999 a 1000, etc., ya que es el momento *en que todos los dígitos cambian* al mismo tiempo. Por cierto, este momento se suele conocer en algunos medios impresos como el *cambio de folio*, para el cual se realiza una ceremonia cuando deben cambiar toda la tipografía del año que se imprimirá en la siguiente publicación.

También, debe recordarse que, aunque existen diversos calendarios todavía en uso en varios países o por varias religiones, la cuenta actual de los días está basada en el Calendario Gregoriano³, cuyo nombre proviene del hecho que fue implantado por el Papa Gregorio XIII en 1582⁴. Por ello las fechas se acostumbra a especificar en forma de años previos (a. C.) o posteriores (d. C.) al año tradicional del nacimiento de Jesucristo. Por tanto, aunque no se especifique si el día preciso del inicio de la cuenta corresponde al año cero o al año uno, cuando se comienzan a contar periodos anuales desde el primero de enero de un año cualquiera, el primer año debe concluir a la medianoche del treinta y uno de diciembre. Entonces, es posible encontrarse con la siguiente disyuntiva: 30 días a. C. (por ejemplo en noviembre) ¿es un año a. C.? O bien ¿es el año cero? Por otra parte, 30 días d. C. (o sea en enero del siguiente año), ¿es un año d. C.? O, acaso ¿este sí puede ser el año cero?⁵

Todas estas indefiniciones se dan porque, estrictamente hablando, el periodo que corresponde al primer año d. C. podría darse por iniciado en diciembre o exactamente 365 días después de este mes, según si se cuenta el tiempo *que está empezando a transcurrir* o *el que ya ha transcurrido*. En forma

3 El Calendario Gregoriano que rige actualmente en el casi todo el mundo se basó en el Calendario Juliano, llamado así en honor de Julio César, el cual se empezó a usar en el año 46 a. C. a partir de modificaciones realizadas al calendario egipcio. Se basó en el Sol para determinar la duración del año, aunque sufrió diversas modificaciones mayores y otras menores para ajustarlo a las variaciones que sufren las estaciones. El Calendario Juliano tenía una duración de 365 días y 6 horas, y se celebraban años bisiestos cada cuatro años.

4 Gregorio III modificó el Calendario Juliano, porque su duración era cerca de 11 minutos mayor al año gregoriano de 365 días, 5 horas, 49 minutos, 12 segundos, por lo que con el tiempo las estaciones se adelantaron, los meses se retrasaron y los días de las celebraciones religiosas se desajustaron con respecto al año trópico.

5 En realidad es una falsa disyuntiva, porque en la cuenta del Calendario Gregoriano no se incluye el año cero.

análoga, podemos comenzar a contar el primer kilómetro cuando estamos empezando a recorrerlo o cuando ya hemos avanzado mil metros, tal como se cuenta la edad de las personas. Como los años calendario comienzan el 1° de enero, la confusión es inevitable⁶.

Además, la diferencia de tiempo entre el Calendario Juliano y el Gregoriano, que llegó a ser de unos de 12 días, fue corregida por el Gregoriano aunque sólo se aplicó donde la iglesia católica tenía influencia, por lo que algunos países de religión ortodoxa (por ejemplo) sólo lo aceptaron hasta entrado el siglo XX. Por ello, la Revolución Rusa de Octubre se celebra en noviembre y la Navidad Ortodoxa, el 6 de enero. Por su parte, el año sidereal tiene una duración de 365 días, 6 horas, 9 minutos y 9.76 segundos, lo que hace imposible ajustar los calendarios sin realizar modificaciones menores, por lo que actualmente celebramos años bisiestos cada cuatro años (como el anterior 2012), exceptuando algunos divisibles por 100 (como en el 1900), aunque los divisibles por 400 sí son bisiestos, como ocurrió en 2000. Aun así el ajuste no es perfecto por lo que en el futuro habrá que celebrar bisiestos en algún año divisible por 100 o no hacerlo en alguno divisible por 400.

Tabla 1. Ocurrencia del 1° de enero de 2015 en diferentes calendarios.

Calendario	Día de la semana	Día	Mes	Año
Gregoriano	Miércoles	1°	Enero	2014
Juliano	Miércoles	19	Diciembre	2013
Hebreo	Yom Khamishi	10	Teveth (10° mes)	5775
Islámico	Yawm al-khamis	10	Rabî Al-Awwal (3° mes)	1436
Persa o iraní	Panjshanbeh	11	Dey (10° mes)	1393
Kurdo	Panjshanbeh	11	Befrandar (10° mes)	1393
Afgano	Panjshanbeh	11	Jaddi (10° mes)	1393
Indio	Brahaspativara	11	Pausha (10° mes)	1936
Chino	Xīngqīsi	11	Shíyīyuè (11° mes)	4712

6 Confusiones similares han existido siempre. Por ejemplo, los romanos no conocían el cero, por lo que contaban todo a partir de uno.

Tabla 2. Ocurrencia del 1° de enero de 2016 en diferentes calendarios.

Calendario	Día de la semana	Día	Mes	Año
Gregoriano	Viernes	1°	Enero	2016
Juliano	Viernes	19	Diciembre	2015
Hebreo	Yom Khamishi	20	Teveth (10° mes)	5776
Islámico	Yawm al-jum`a	20	Rabî Al-Awwal (3° mes)	1437
Persa o iraní	Jomeh	11	Dey (10° mes)	1394
Kurdo	Jomeh	11	Befrandar (10° mes)	1394
Afgano	Jomeh	11	Jaddi (10° mes)	1394
Indio	Sukravara	11	Pausha (10° mes)	1937
Chino	Xīngqīyì	22	Shíyīyuè (11° mes)	4713

Por otra parte, si a todas las reflexiones anteriores incluimos el hecho que el inicio de la cuenta de los siglos se basa en la fecha tradicional de diciembre⁷, resulta que (según sea nuestro gusto) el siglo XXI puede darse por comenzado el 1° de enero de 2000, el 1° de enero de 2001, el 25 de diciembre de 2000, el 25 de diciembre de 2001, o en cualquier otra fecha que se acuerde arbitrariamente. Además, como el primero de enero no coincide con ningún acontecimiento astronómico, sería más adecuado que se tomara como inicio del año calendario algunos sucesos como los equinoccios o solsticios, ya que los primeros representan el momento en el que el día y la noche tienen igual duración, mientras que los segundos corresponden al día o la noche más larga del año, de acuerdo con la estación y según el hemisferio.

También hay que recordar que nuestro calendario no es el único que se ha utilizado y que se usa actualmente en el mundo, ya que cada cultura estructuró el suyo propio e, incluso, a pesar de que el Calendario Gregoriano es el oficial de casi todos los países del mundo, algunas iglesias ortodoxas siguen utilizando el Calendario Juliano o modificaciones de éste para la celebración de sus fiestas litúrgicas. Asimismo, existen otros muchas veces basados en la luna, que son poco conocidos o de aplicación muy limitada, como es el caso de la propia Iglesia Católica que todavía usa el calendario judío lunar para determinar la celebración de varias de sus festividades, como la semana santa y al menos otras siete más.

⁷ La fecha de la Navidad fue instaurada alrededor del año 336 d. C. por la iglesia católica, de acuerdo con un decreto del papa Julio I.

Finalmente hay que notar que en otros calendarios importantes, como ocurre con el Calendario Chino⁸, se lleva una cuenta de casi 2700 años más que el nuestro. Asimismo, en el Calendario Budista⁹ que se utiliza en Sri Lanka, Camboya, Laos, Tailandia y Birmania (actualmente Myanmar) se cuentan 543 años más, pero en algunos otros la cuenta es menor, como en el Calendario Islámico¹⁰, como se muestra en las Tablas 4.1 y 4.2. Las discrepancias en la cuenta de los años entre los diferentes calendarios se muestran como ejemplo en dichas Tablas para los días 1° de enero de 2015 y 2016, en las cuales se incluyen los nombres de los días y los meses respectivos.

¿El Huevo o la Gallina?

A propósito de imprecisiones, este antiguo dilema ha sido y sigue siendo utilizado con mucha frecuencia para desconcertar al interlocutor presentándole una disyuntiva imposible de decidir. Como se sabe, cuando éste se inclina por el huevo, se le pregunta inmediatamente “¿quién lo puso?”. Con ello se invalida su respuesta porque se le obliga a pensar que fue una gallina la responsable y que por lo tanto, el huevo no pudo ser primero. Por el contrario, si su respuesta es la gallina, la pregunta que inhabilita su contestación es “¿de dónde vino?”. Es evidente que en esta forma también se consigue descalificar la respuesta del interlocutor, al hacer referencia obligada a que ésta debió provenir necesariamente de un huevo, porque según quien propone el dilema debe ser, obviamente, de gallina.

Muchas veces caemos en argumentos de este tipo que no son más que círculos viciosos que hay que romper de alguna manera, porque parten de un supuesto engañoso. Es cierto que, cuando se trata de avicultura, todas las gallinas que conocemos provienen de un huevo y que éstos, a su vez, han sido puestos por una gallina por supuesto. Pero también sabemos que las gallinas no han existido siempre, que pueden ser de diferentes variedades o razas, que tienen parientes cercanos entre las gallináceas y que los propios huevos no solamente pertenecen a esta única especie, sino que otras aves y reptiles

8 Su origen se asocia con el Emperador Huang Di, alrededor del año 2637 a. C.

9 Se inicia en la que se supone fue la fecha de nacimiento de Buda, por el año 543 a. C., aunque no existe acuerdo entre los expertos con respecto de esa fecha.

10 Se inició en el año 622 d. C., fecha en la que Mahoma, su fundador y máximo profeta huyó de la Meca hacia Medina, por la persecución de que fueron objeto los musulmanes.

son ovíparos. Además, no son todos del mismo tamaño, ni siquiera del mismo color, en tanto que tienen muchas otras características que pueden cambiar drásticamente, como su forma, su aspecto o su capacidad de ser fértiles o no.

De cualquier forma, para empezar desde un punto conocido, podemos recordar que la reproducción ovípara no fue iniciada precisamente por la familia de las gallináceas (por ejemplo de la conocida especie *gallus gallus domesticus*), por lo que el huevo como elemento básico de la reproducción apareció mucho antes de que tuviera capacidad suficiente para incubar a un pollo. Por tanto, es obvio que el huevo ha existido desde antes que la gallina moderna apareciera sobre la faz de la tierra e, incluso, que es anterior a las mismas aves, ya que algunos reptiles también son ovíparos.

Como puede deducirse de inmediato, en el párrafo anterior se encuentran algunas respuestas al dilema. Si nos apoyamos en la teoría de la evolución, podríamos pensar que la gallina actual es muy diferente de la especie que la precedió y que es distinta de la especie que, de acuerdo con la misma teoría, la reemplazará en el futuro. Y esto es particularmente cierto con el cruce de razas y las manipulaciones genéticas que se realizan en la actualidad. Por consiguiente, en algún intervalo de tiempo debieron producirse mínimos cambios que no por pequeños resultaron menos notables, ya que generaron el gran cambio que dio lugar a la especie doméstica de nuestros días. En cuanto al huevo, sabemos que hay suficientes datos de que ha sufrido modificaciones importantes a lo largo del tiempo, por lo cual puede concluirse que a lo largo de la historia tanto las gallinas como los huevos han ido cambiando poco a poco las características que exhiben en la actualidad.

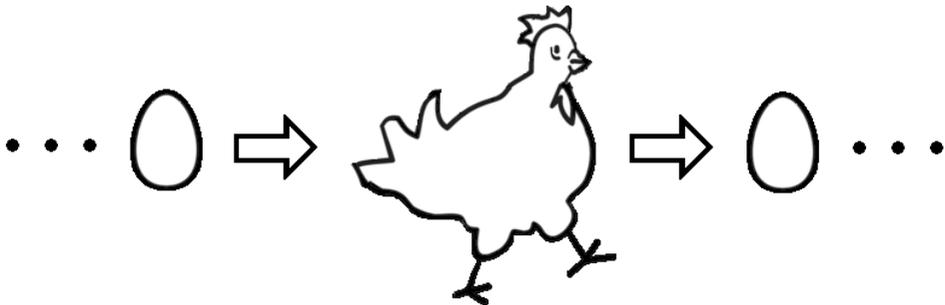


Figura 4.3 Representación del dilema clásico: ¿qué fue primero... el huevo o la gallina?



Figura 4.4 Imagen de fósil de *Archaeopteryx lithographica*, supuestamente la primera ave, y reconstrucción de cómo habría lucido originalmente.

Después de haber realizado la observación anterior, la conclusión obvia a la que se llega es que primero fue necesariamente el huevo. Aunque seguramente fue más de un tipo de ellos y parece claro que no fue puesto por una gallina, sino por otra especie actualmente extinta. También resulta más o menos obvio que si se sigue este razonamiento debemos aceptar que debió haber una primera gallina que tuvo que provenir necesariamente de un huevo. Para que esta conclusión esté completa y para dar gusto a quienes propusieron el famoso dilema, también hay que pensar que éste debió ser puesto por un ave que no era precisamente una gallina porque posiblemente difería de ésta lo suficiente como para ser considerada como perteneciente a otra especie o variedad de ave (supongamos, la *pregallina*)¹¹ porque la evolución indica que los cambios deben ser paulatinos. Por eso, en forma análoga, cuando vamos subiendo por una gran pendiente, mientras nos encontremos en el proceso no podemos decir con claridad que estamos completamente abajo o arriba, pero ese es sin duda el camino para llegar a la cumbre.

¹¹ En este sentido, la especie aviar más antigua que se conoce es *Archaeopteryx lithographica*, la que se desarrolló en el Jurásico Superior, aunque no es precisamente un ave con todas sus características.

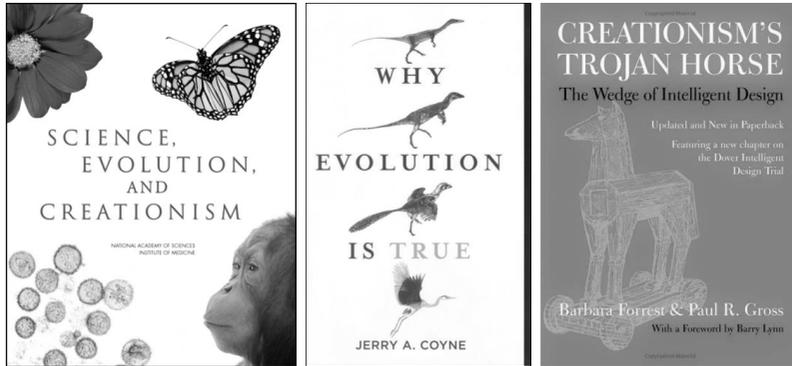


Figura 4.5 Libros que se refieren a la evolución y al creacionismo.

Ya sobre el terreno de las especulaciones, también es posible resolver el problema imaginando un acto repentino de mutación que convirtiera a un huevo de otra especie en un perfecto huevo de gallina (en tal caso éste no sería el primero, pero sí el primero de gallina). Pero también para algunos es válido creer en un acto de creación pura, mediante el cual de pronto y sin mediar mayores razones aparece misteriosamente en algún lugar un simple huevo o una simple gallina. Muchos creacionistas podrían creer firmemente en esta imaginativa especulación¹².

Sin importar la alternativa que escojamos, todas las soluciones al problema se orientan en la dirección de romper el círculo vicioso, como debe ser, ya que los cruces de razas, los productos híbridos y la manipulaciones genéticas nos dicen que la disyuntiva sobre qué ocurrió primero no tiene ningún sentido. Además, en todas las “soluciones” que hemos aventurado en los párrafos anteriores siempre hace falta un gallo, para que la primera gallina producto del primer huevo pueda poner otros fértiles y continuar así con la línea genética gallinácea. De otra manera, el análisis del dilema sería un desperdicio de tiempo.

¹² En el siguiente texto: National Academy of Sciences, Institute of Medicine (2008). *Science, Evolution, and Creationism*. The National Academies Press, Washington D.C., se explica qué es y qué no es ciencia, y también se proporcionan las evidencias que apoyan la validez científica de la evolución.

¿Desperdicio?

Hablando de desperdicios, en otro orden de cosas, al beber de un vaso siempre queda en éste, aunque no nos percatemos, una pequeña cantidad de líquido en el fondo que constituye un sobrante inevitable. Si nos damos a la tarea de medirlo podríamos llegar a las siguientes cifras: un vaso común contiene unos 200 ml (200 cm³) y las gotas que quedan pueden ser alrededor de unas 20 (lo que es aproximadamente 1 cm³). Por tanto, tendremos sorprendentemente una pequeña pérdida de cerca del 0.5% en cada vaso que bebamos.

Por otra parte, si consideramos en forma similar que al terminar de comer siempre queda algo de alimento en el plato, esta cantidad puede ser bastante superior a la que ya hemos mencionado en el vaso, ya sea porque es nuestra costumbre o porque no deseamos continuar comiendo. También, en casi todos los hogares suele ocurrir que algunos alimentos no se consuman a tiempo y se descompongan, que otros sean mal aprovechados, que determinados comestibles se contaminen o se ensucien al manejarlos por lo que no se llegan a utilizar o, finalmente, que ciertos platillos no se disfrutan como debe ser porque no son del gusto del comensal.

Más aún, al cocinar o utilizar los alimentos suceden cosas como las siguientes: hay pérdidas adicionales cuando algunas carnes, frutas o verduras necesitan limpiarse o pelarse; también, durante el proceso pueden quemarse o resultar incomibles; es preciso eliminar algunas de sus partes o para una receta en particular no se usan en su totalidad. Por último, en la producción, transporte, manipulación y distribución de ellos existen derroches adicionales por los más diversos motivos de los que no nos percatamos como consumidores, pero que pueden ser considerables. Por ejemplo, hay productos agrícolas que no se comercializan porque no es rentable hacerlo, porque el mercado no los acepta o porque no fueron adecuadamente procesados. Estas reducciones del total de artículos o productos suelen conocerse en la industria como mermas y constituyen parte de las pérdidas normales de cualquier compañía.

Partiendo de la suposición de que usualmente se desperdicia el 0.5% de la producción mundial de alimentos (aunque puede sospecharse fácilmente que tal cifra debe ser mucho mayor), y haciendo algunos breves cálculos podemos llegar a la conclusión que evitando estas pérdidas podría alimentarse a una parte importante de seres humanos que en este momento no tienen

lo suficiente. Unos cálculos conservadores nos darían una cifra que sería suficiente para abastecer a varios millones de personas en forma permanente.

Aunque la contaminación y el desperdicio de las sociedades consumistas humanas no suelen ser aprovechados en igual forma, por lo que constituyen un lamentable e injustificado despilfarro, en la naturaleza el derroche puede ser una de las normas más comunes. En las selvas o en los lugares no habitados por el hombre, con frecuencia la fruta cae abundantemente de los árboles y se pudre, los depredadores suelen no comerse toda su presa cuando la abandonan a otros animales carroñeros o es consumida por insectos, gusanos y microorganismos que la terminan de descomponer, también las aves picotean algunos frutos sin consumirlos totalmente, etc. En otro ámbito, incluso, muchas especies ponen gran cantidad de huevos aunque no todos produzcan descendientes vivos, que muy pocos lleguen a la edad adulta debido a que son alimento de los depredadores o tienen muchas crías de las que sólo algunas alcanzarán a cumplir todo su ciclo de vida.

En la naturaleza podemos encontrar múltiples ejemplos adicionales, como la enorme variedad de insectos, el tamaño de las bandadas, los cardúmenes, los enjambres, las manadas, los rebaños, así como el caudal de los ríos, la inmensidad de las selvas, la extensión de los desiertos, la vastedad del universo, la enorme producción de polen de las flores, la cantidad de espermatozoides que produce el macho o los óvulos que suele portar la hembra, etc. Pero lo importante es que esta profusión en todos los aspectos no es un despilfarro, sino una muestra de la generosidad de la naturaleza que a través de la abundancia y de la diversidad busca mantenerse viva, dinámica y cambiante. Dentro de esa formidable variedad, uno de los resultados somos nosotros, que tenemos nuestras divergencias con la propia naturaleza.

Porque por un lado podemos pretender, con nuestro más elemental sentido de solidaridad, que todo lo que actualmente se desperdicia pueda ser bien aprovechado; pero por otro lado, con nuestro utilitario afán mercantilista, muchas veces no nos preocupamos por las consecuencias de la actividad industrial, nos excedemos al invertir en artículos suntuarios o innecesarios, o bien, no siempre estamos dispuestos a orientar nuestro accionar a lo que importa más a todos, ya que en su lugar a veces pensamos mejor en lo que más nos conviene como individuos.

Tal vez una de las mejores demostraciones de que el ser humano ha evolucionado hacia lo artificial, siendo originalmente un producto natural como todas las especies, consiste en estas contradicciones que nos hacen ver que no siempre nos comportamos siguiendo estrictamente la conducta apropiada para los demás seres vivos, nuestro planeta o del universo.

Por otra parte, la facultad de romper en cierta forma con algunas de las leyes menos humanas de la naturaleza a través de la solidaridad, por ejemplo, nos proporciona nuestro más inestimable carácter humano y puede ser, si la cuidamos y perfeccionamos adecuadamente, la mejor esperanza para el desarrollo futuro de nuestra especie.

Evolución y Genoma

En esta época en la que todavía se observa la presencia de múltiples formas soterradas de discriminación, por ejemplo social, económica, política, religiosa y sexual (entre otras), el racismo ha perdido batallas importantes, por lo que da la impresión de que esta forma de segregación se encuentra en retirada o, por lo menos, disminuida. Sin embargo, sus defensores todavía creen esencialmente que la única forma de mejorar y de perpetuar la especie humana es por medio de una adecuada selección de individuos, porque creen tener la exclusividad del potencial genético para perfeccionar la especie. Este pensamiento culminaría obviamente con el rechazo y como consecuencia con el exterminio de todos los demás, en forma equivalente a la manera en que los depredadores eliminan a los individuos débiles y enfermos de un rebaño y como la historia humana nos lo recuerda trágicamente.

Desde el punto de vista de un mundo de especies en evolución, el *homo sapiens sapiens* es el resultado de una larga cadena de pequeñas transformaciones producidas por diferentes causas que culminan en el actual ser humano que ha dominado la tierra y originado nuestra civilización. Sin embargo, bajo esta misma perspectiva, cabe preguntarse cuánto tiempo más podrá sostenerse como especie debido a que las pequeñas transformaciones continuarán ocurriendo y esto sugiere que en la escala biológica de la evolución podría aparecer una nueva especie que presumiblemente sustituiría a la actual. Tales preguntas provienen del conocimiento que se tiene de las demás especies, las que tarde o temprano se extinguen y muchas

veces dan paso a otras de orden superior, en forma similar a como los homínidos dieron lugar a los humanos actuales.

En este sentido, el propio ser humano ha demostrado desde tiempos muy antiguos que tiene la capacidad para manipular plantas y animales mediante la selección de los mejores frutos, la cruce inteligente de ejemplares escogidos, la producción de semillas híbridas e incluso la manipulación genética de diversas especies. A pesar de disponer de esta capacidad, esta clase de procesos nunca se han realizado en seres humanos por diversas razones legales, éticas, políticas o religiosas¹³. Por el contrario, algunas características del ser humano se orientan en dirección totalmente opuesta al perfeccionamiento biológico de la especie. Por ejemplo, una de las cualidades humanas más apreciadas es el sentido de solidaridad que se demuestra con el amparo a los más débiles, el cuidado de los enfermos, la ayuda a los que están en peligro y en general a través de la protección de la vida misma de los individuos, independientemente de la calidad de su contenido genético y de sus posibilidades biológicas.

Como las reglas naturales de la evolución biológica de las especies y esta conducta humana solidaria, que se presenta en muy pocas especies, son posiciones perfectamente antagónicas que no hay cómo conciliar, resulta que posiblemente esta contradicción sea una de las razones para la existencia del racismo. Por fortuna al iniciar el siglo XXI aparece una débil luz que podría indicar el camino a seguir para la correcta evolución del ser humano, sin que pierda sus atributos más sublimes, con el propósito que éstos puedan aparecer el siguiente eslabón de la cadena evolutiva y que se perpetúe nuestra especie a un nivel superior. Este camino consiste en el conocimiento científico y en la comprensión del genoma humano.

En los últimos años se ha incrementado en el mundo la incidencia de enfermedades de marcado origen genético cuya predisposición puede heredarse, como la hemofilia, la fibrosis quística, la retinosis pigmentaria y la

¹³ Es claro que esta afirmación se refiere (hasta donde se sabe) solo a la manipulación genética, porque para otro tipo de experimentos es suficiente con recordar los realizados con humanos durante la Alemania del Tercer Reich y algunos otros ilegales y secretos que han realizado en América y África algunas compañías farmacéuticas transnacionales, sobre los que hay muy poca información, pero que afortunadamente algunas veces se han hecho públicos. Un caso destacable lo constituye el experimento médico secreto del Gobierno de Estados Unidos realizado en Tuskegee, Alabama, en los años 1932-1972, el que se menciona en el capítulo anterior.

neurofibromatosis, así como otras cuyo origen genético no es claro, como ciertos tipos de cáncer, la diabetes y la hipertensión. Cuando el origen del trastorno está en los genes, la única solución para evitar que todo el género humano adquiriera estas enfermedades por medio de la herencia, es llegar hasta ellos y modificarlos. Tal posibilidad está cada día más cercana puesto que se están adquiriendo mayores datos de la función de cada gen, de modo que con este conocimiento podrían desarrollarse mecanismos que permitan modificar la cadena genética de una persona adulta en cada una de sus células, para eliminar de raíz la aparición de este tipo de enfermedades.

En una forma muy sencilla, pero utilizando las herramientas y el conocimiento más avanzado, será finalmente beneficioso para la humanidad haber protegido a los desvalidos y a los enfermos, porque la memoria genética que ellos conservan y que cada uno de ellos puede transmitir podría constituir un importante ladrillo en la construcción del siguiente eslabón de la cadena evolutiva, que esta vez puede tener una buena dosis de aporte artificial.

Pedigri¹⁴

La selección de algunos individuos para disponer de ejemplares de líneas genéticas de “razas puras”, supuestamente basadas en la conservación de un determinado ADN (ácido desoxirribonucleico - figura 4.6), tiene amplia acogida entre los amantes de los animales, quienes acostumbran a describir la pureza de la raza, la exclusividad de la especie o los atributos relevantes de los más finos ejemplares por medio del *pedigri*, que es la descripción detallada de las características de un ejemplar y la historia de sus antepasados. Para este efecto, en ocasiones pueden disponer de los registros de los ascendientes de un cachorro hasta en una docena de generaciones. Contrariamente, los seres humanos muchas veces ignoramos hasta el nombre de nuestros bisabuelos y en múltiples ocasiones desconocemos a ciencia cierta nuestro verdadero origen, lo que significa que no estamos demasiado preocupados en general por nuestros propios antepasados.

14 Concepto vinculado a la genealogía. Según el DRAE: del latín *genealogia*, y éste del gr. *γενεαλογία*. Serie de progenitores y ascendientes de cada persona y, por extensión, de un animal de raza. Del inglés *pedigree*. Genealogía de un animal.

Tal contraste es muy obvio debido a que, salvo excepciones, los seres humanos rara vez nos preocupamos demasiado por las diferencias raciales, el origen o la procedencia de nuestra familia, aunque es posible que tengamos una leve idea de dónde se inició nuestra estirpe. A pesar de lo anterior hay muchas personas que se interesan en obtener y conservar parte de su historia ancestral por medio de su escudo de familia o bien porque han llegado a rastrear algunas o muchas de sus generaciones antecesoras para lo cual se han apoyado en sus propios registros, en la historia oficial o en los diversos estudios genealógicos existentes. Por tal razón, algunas familias se enorgullecen de su apellido, aunque no suelen conservar demasiados datos de sus ascendientes. Los genealogistas (figura 4.7), por el contrario, se ocupan en rastrear los ancestros de una persona o familia, aunque sólo se preocupan por reunir los datos civiles, como su nombre completo, el lugar y fecha de nacimiento, sus descendientes y la fecha y lugar de su muerte. El pedigrí, en cambio, es la forma en que se conservan los datos sobre la historia de la raza y la pureza de ésta en cada uno de los ejemplares. Los demás datos que reúnen los genealogistas para los apellidos familiares no tienen mayor importancia para este caso.

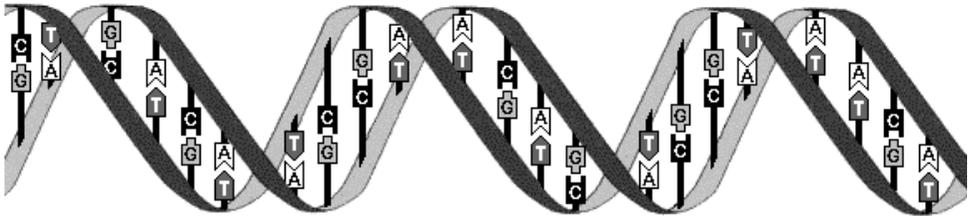


Figura 4.6 Representación esquemática clásica de un segmento de ADN.

Hurgando en el pasado, es interesante calcular el número de individuos que ha habido en una familia desde el descubrimiento de América, por ejemplo. Para ello debe suponerse que cada generación toma entre veinte y veinticinco años para generar otra, por lo que resulta que en más de quinientos años se han sucedido aproximadamente unas veinte generaciones. Por otra parte, como cada persona tiene dos padres y éstos a su vez otros dos, la cantidad de predecesores se duplica a medida que se investiga el pasado de una persona, lo que hace crecer exponencialmente el árbol genealógico. En este sentido, para una sola persona actual se tiene un gran total de entre uno y

treinta millones de antepasados, muchos más de los pudieron existir en la época del descubrimiento de América.

Por supuesto que este resultado es falaz, ya que debe tomarse en cuenta que los hermanos tienen los mismos padres, así como que existe la posibilidad de que una o varias ramas iniciales del árbol se vuelvan a unir posteriormente, que otras permanezcan marcadamente separadas o que algunas concluyan abruptamente porque no tuvieron descendientes. Sin embargo, éste es un buen inicio para imaginar que a lo largo de los siglos los apellidos se han ido entremezclando en forma natural y que es muy difícil imaginar que este proceso haya estado perfectamente correlacionado con la raza o la sangre. Por ejemplo: algunas familias tienen varios hijos o no tienen ninguno, aunque pueden adoptar y heredar su nombre; otros son hijos nacidos fuera de las uniones legales, razón por la cual no han llevado el apellido de uno o ambos padres; y también, de acuerdo con las costumbres o a la legislación vigente los varones han tenido mayores posibilidades de conservar el apellido de la familia y por consiguiente heredarlo a sus hijos. Por lo tanto, algunos apellidos se hacen muy comunes y otros pueden desaparecer. Todas estas circunstancias, por supuesto, han estado moduladas por las costumbres sociales, políticas e incluso económicas de cada época y grupo humano, que con seguridad pueden hacer menos transparente el proceso de la herencia, del linaje y de la sucesión. Por último, en la actualidad es posible cambiar de nombre o adoptar un apellido completamente distinto por medio de un trámite legal.

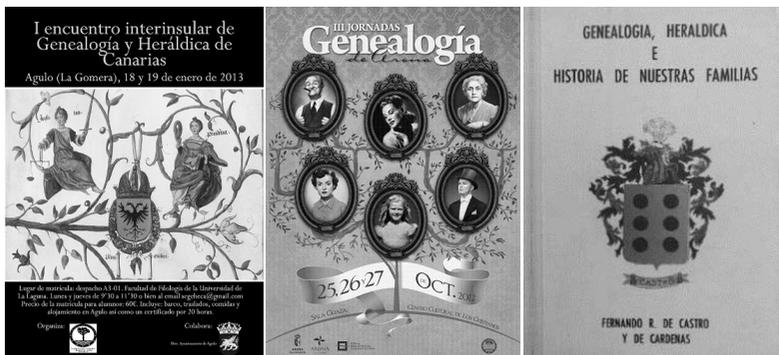


Figura 4.7 Carteles informativos sobre dos reuniones dedicadas a la genealogía y portada de un libro sobre el tema.

Por estas razones, no puede desconocerse que con mucha seguridad las familias, las razas y los apellidos se encuentran fuertemente entrelazados en las ramas de los árboles genealógicos de cada quién, debido a la gran cantidad de ancestros que cada uno posee. Si se piensa que en los últimos quinientos años todos han tenido un par de millones de antepasados y que la población mundial era bastante menor que hoy, resulta muy difícil suponer que no existen denominadores comunes, por lo que nos encontramos emparentados con una gran parte del género humano, a pesar de los aislamientos geográfico, cultural, político o social. Por eso es que los aficionados a buscar razas puras o superiores en determinadas regiones o países, se encuentran con un cúmulo de dificultades para sostener sus teorías y sólo pueden soportarlas basándose en criterios estrechos o en pretensiones poco racionales.

Conclusiones

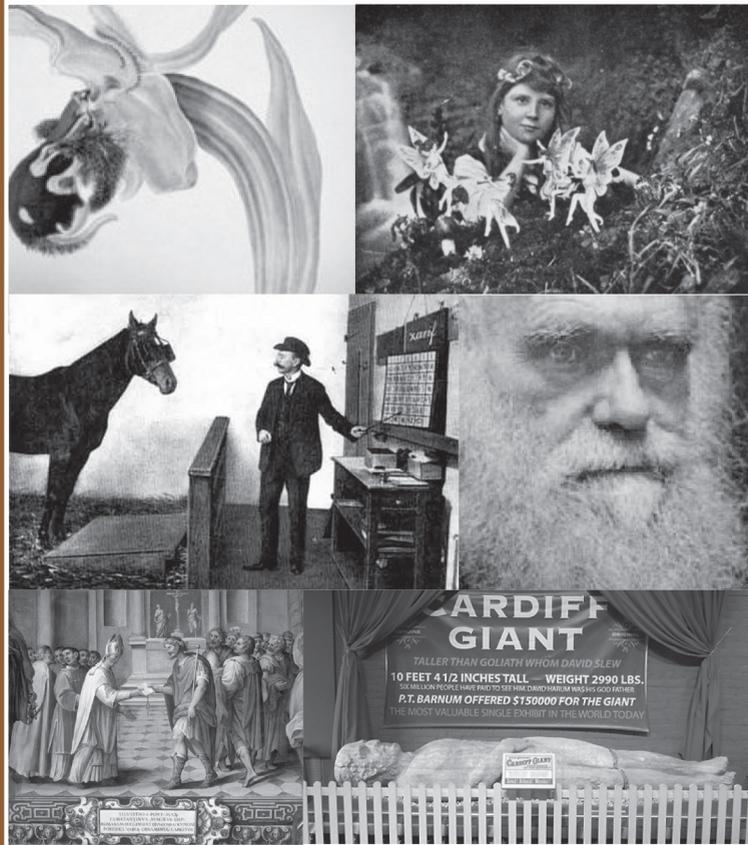
En estos cuatro capítulos del libro se ha tratado de presentar en forma cruda tanto las grandes virtudes de la actividad científica, así como sus mayores errores y defectos, sin ignorar que ambas características se presentan también en cualquier persona que desea tener una visión personal del universo con la cual disponer de una base sólida para estructurar su vida sobre ella. Por ello, de una u otra forma tanto científicos como personas comunes y corrientes tienen la idea básica de concebir la realidad y la propia existencia de una manera que les parezca coherente. Sin embargo, la verdad es que en toda actividad humana siempre se verán reflejados en ella las virtudes y los defectos del ser humano, por lo que veremos que con frecuencia encontraremos lo bueno, lo malo y lo feo.

Bibliografía

1. Alba-Juez, Felix (2009). *Cabalgando con la luz*. Ciudad de las Artes y las Ciencias. Valencia
2. Angulo, José M. (1999). *Robótica práctica: Tecnología y aplicaciones*. Editorial Paraninfo. Madrid.
3. Dawkins, Richard (2006). *The Selfish Gene*. 30th Anniversary Edition. Oxford University Press. Nueva York.

4. Dawkins, Richard (2010). *The Greatest Show on Earth: The Evidence for Evolution*. Free Press (División de Simon & Schuster, Inc.). Nueva York.
5. Griffiths, Anthony J. F., Susan R. Wessler, Richard C. Lewontin y Sean B. Carroll (2008). *Genética*. 9ª edición. McGraw-Hill Interamericana. Madrid.
6. Helm, Matthew y April Leigh Helm (2001). *Genealogy Online for Dummies*. 3ª edición. IDG Books Worldwide Inc. Foster City, CA.
7. Judge, Michael (2004). *The Dance of Time: The Origins of the Calendar: A Miscellany of History and Myth, Religion and Astronomy, Festivals and Feast Days*. Arcade Publishing, Inc. Nueva York, NY.
8. Martín Asin, Fernando (1982). *Astronomía*. 2ª edición. Paraninfo, Madrid.
9. Maurer, Armand A. (1962). *Medieval Philosophy*. Edición revisada. Pontifical Institute of Medieval Studies. Toronto, Ontario.
10. Mayr, Ernst (2001). *What Evolution is*. Basic Books. Nueva York, NY.
11. Simons, Geoff L. (1984). *Computer Bits and Pieces: A Compendium of Curiosities*. Penguin Books. Middlesex, UK.
12. Turing, Alan M. (1950). *Computing Machinery and Intelligence*. *Mind*. Vol LIX. No. 236. Págs. 146-184.
13. Wiener, Norbert (1954). *The Human Use of Human Beings: Cybernetics and Society*. Houghton Mifflin Co. Boston, MA. Existe una reimpresión (1988) de Da Capo Press. Cambridge, MA.

LO BUENO, LO MALO Y LO FEO DE LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA. Y DE NUESTRA
VISIÓN DEL UNIVERSO se terminó de imprimir en mayo de 2016
en los talleres de Impresión Comunicación Gráfica S.A. de C.V.
Manuel Ávila Camacho 689-A. Col. Sta. María Aztahuacán,
C.P. 09500 Iztapalapa, México, D. F.,
la edición consta de 500 ejemplares, más sobrantes para reposición.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA.
UNIDAD IZTAPALAPA
Av. San Rafael Atlixco No.186, Col. Vicentina
C.P. 09340, Del. Iztapalapa, México D.F.
Tel.: (01) 58044600