



Ciencia, progreso y modernidad

por Hiran Galindo Bello



Gobierno de Puebla
Hacer historia. Hacer futuro.



**Secretaría
de Educación**

CONCYTEP
Consejo de Ciencia
y Tecnología del Estado
de Puebla

Ciencia, progreso y modernidad

por Hiran Galindo Bello

Ciencia, progreso y modernidad

por Hiran Galindo Bello



Gobierno de Puebla
Hacer historia. Hacer futuro.



**Secretaría
de Educación**

CONCYTEP

Consejo de Ciencia
y Tecnología del Estado
de Puebla

Miguel Barbosa Huerta

GOBERNADOR CONSTITUCIONAL DEL ESTADO DE PUEBLA

Ana Lucía Hill Mayoral

SECRETARIA DE GOBERNACIÓN DEL ESTADO DE PUEBLA

Melitón Lozano Pérez

SECRETARIO DE EDUCACIÓN DEL ESTADO DE PUEBLA

Sergio Salomón Céspedes Peregrina

PRESIDENTE DE LA JUNTA DE GOBIERNO Y

COORDINACIÓN POLÍTICA H. CONGRESO DEL ESTADO

LIBRE Y SOBERANO DE PUEBLA

Héctor Sánchez Sánchez

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL SUPERIOR DE JUSTICIA DEL

ESTADO DE PUEBLA

Victoriano Gabriel Covarrubias Salvatori

DIRECTOR GENERAL DEL CONSEJO DE CIENCIA Y

TECNOLOGÍA DEL ESTADO DE PUEBLA

Maricruz Vázquez Bañuelos

RESPONSABLE DEL ÁREA DE PUBLICACIONES

Luis Gerardo Aguirre Rodríguez

DISEÑADOR EDITORIAL

Diego Rodrigo Franco Ambriz

EDITOR LITERARIO

Eduardo Jáuregui Sainz de Rozas

EDITOR LITERARIO

Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla

(CONCYTEP) Privada B Poniente de la 16 de septiembre. 4511,

Col. Huexotitla, 72534. Puebla, Pue.

ISBN: 978-607-99562-9-5

Código Identificador CONCYTEP: C-L-2021-12-45

La información contenida en este documento puede ser reproducida total o parcialmente por cualquier medio, indicando los créditos y las fuentes de origen respectivas. Las opiniones expresadas en ésta reflejan el punto de vista de los investigadores y no los de la institución.

Índice

Introducción.....	1
El objetivo de la ciencia.....	7
Ciencia y conciencia	21
Ciencia contra religión.....	31
Pseudociencias	39
La ciencia a través de Alexander de Humboldt y Francis Bacon.....	49
La observación espacial de la tierra	55
La ciencia de Leonardo da Vinci.....	63
La visión de Frank Drake.....	71
El <i>Big silence</i> “Una nueva teoría sobre el origen del cosmos”	77
La ciencia ficción contra las leyes de la física	81
Objetos extraños en sistemas planetarios.....	93
Agujeros negros.....	103
Origen y futuro de los viajes espaciales.....	113
Agua en el sistema solar.....	123
Exoplanetas	135
Genética y desarrollo cultural	145
Ciencia, progreso y modernidad.....	155
La estrella de Belén	163
Inteligencia artificial	173
Bibliografía.....	185

Sobre el autor

HIRAN GALINDO BELLO

Es originario de Teziutlán, Puebla. Tiene estudios de Licenciatura en Matemáticas por la Benemérita Universidad Autónoma del Estado de Puebla (BUAP) y un Diplomado en Desarrollo de Habilidades del Pensamiento (DHP) por la Universidad Madero en la ciudad de Puebla. Dentro de su preparación destaca la asistencia al curso “Transición curricular abierta, capacitación a asesores académicos de acuerdo con el enfoque en competencias”, formando parte del sistema de gestión de calidad con la norma: ISO 9001-2008 certificado 41667 para bachilleratos estatales, impartido por la Secretaría de Educación Pública (SEP) en la ciudad de Puebla. Posee una amplia experiencia como docente de los niveles secundaria, preparatoria y licenciatura en el área de las matemáticas así como impartición de cursos a docentes.

Ha sido un autodidacta en distintas áreas de las ciencias exactas en las que destacan la física, química, astronomía, cosmología, filosofía, historia de la ciencia, entre otras. A partir de ahí, surge su pasión por la lectura, la escritura, la ciencia y la divulgación. De igual manera, en redes sociales ha publicado artículos de divulgación científica en diversas áreas.



Introducción

La época actual está marcada por conocimientos que impactan a la humanidad. Una nueva generación de conocimientos científicos marca el devenir de un futuro lleno de acontecimientos científicos y tecnológicos. Estos artículos tienen por objetivo acercarse a los descubrimientos y conocimientos en distintos contextos del desarrollo de la ciencia y la tecnología que han aparecido durante el tiempo que llevamos de este siglo XXI de cambios.

El texto está dividido en diecinueve capítulos dirigidos al público en general, especialistas o no especialistas. Cada uno de distintos temas de actualidad, que como lo he mencionado tiene por objeto conocer o recordar para todos los amigos lectores el avance en distintas disciplinas como la filosofía de la ciencia, astronomía, tecnología, biología, cosmología, entre otros.

A través del tiempo y del surgimiento de civilizaciones conocidas como la griega, egipcia, india, babilónica o mesopotámica y la actual, tanto la ciencia como la tecnología han influido en el desarrollo de los pueblos y naciones como herramientas para el progreso y el desarrollo de la modernidad como la conocemos en la actualidad.

En cada uno de los temas que presento en este libro, se menciona ampliamente el desarrollo histórico de la ciencia. Así como su metodología y su impacto en la sociedad para alcanzar la modernidad que todo país, nación y el mismo individuo anhela alcanzar.

En el primer capítulo, menciono la importancia del desarrollo de la ciencia para cualquier país que desea alcanzar prosperidad, así como estar a la vanguardia de los nuevos descubrimientos.

Hago alusión a los tres pilares que todo país o nación deben adquirir por medio del desarrollo de la ciencia y la tecnología, así como una verdadera reforma educativa. Donde los programas de estudio tengan como prioridad a la ciencia y la tecnología, para que a futuro se alcance el bienestar de sus ciudadanos de todos los pueblos y naciones en todo el mundo.

Para poder entender el capítulo es necesario saber qué es una ciencia y cómo se ha desarrollado a través de los tiempos. Para ello se toma como base los trabajos de científicos como Isaac Newton, Galileo Galilei o el desarrollo del método científico del filósofo Francis Bacon. También menciono las distintas etapas de lo que hoy conocemos como filosofía de la ciencia, así como la clasificación de las ciencias en formales y empíricas. Como también los procesos en que se desarrolla la verdadera ciencia, e identificar qué es una ciencia y qué es una anti ciencia.

En el segundo capítulo abordo un tema complejo que es la conciencia y la presencia de la ciencia a través de su descubrimiento histórico; la importancia de su conocimiento en un contexto científico; y la relación entre el concepto de ciencia y la misma conciencia.

Pero en el capítulo tercero realizo un desarrollo histórico de un conflicto entre la ciencia y la religión, mencionando algunos argumentos históricos por los cuáles se generó. Aunque en la actualidad dicen expertos ha sido un falso conflicto.

Para el cuarto capítulo se explora, con base en el contexto histórico, el concepto de *pseudociencia*. Aquí escribo tres ejemplos que los especialistas han presentado sobre lo que es una ciencia y una pseudociencia, con sus argumentos.

En el capítulo cinco se desarrollan los descubrimientos de dos personajes. Uno conocido en la historia como “el científico viajero”, Alexander von Humboldt y del filósofo Francis Bacon por su contribución más importante, el desarrollo de su método científico. Aunque recordemos que el padre del método científico es el físico italiano Galileo Galilei, el cual a partir de la construcción del primer telescopio, pasó a ser conocido como el “padre de la ciencia experimental”.

En el capítulo seis abordo cómo el avance de la tecnología ha sido capaz de desarrollar herramientas tecnológicas para observar y hacer estudios científicos desde el espacio a nuestro planeta. Para saber cómo la tierra está experimentando cambios geológicos como geofísicos, siendo el mayor ejemplo el calentamiento global.

Tanto la NASA y la ESA han desarrollado tecnologías para explorar nuestro planeta desde el espacio y así estudiar la actividad solar y sus repercusiones en la tierra, la magnetosfera solar, el magnetismo terrestre, las manchas solares, y como ya lo he mencionado, el cambio climático a través de los gases efecto invernadero.

El capítulo siete tiene como objetivo conmemorar y recordar que en el pasado año 2019, se conmemoraron los 500 años de la muerte del pintor y científico del renacimiento Leonardo da Vinci. Así como sus contribuciones al arte y a la ciencia, en el contexto histórico que vivió y en el desarrollo del método científico que practicaba.

El método de Leonardo sale a la luz a través de escritos antiguos y sus contribuciones a la humanidad siguen vigentes.

En el capítulo ocho hago mención de que en el año de 1961 se presentaba ante la Academia de Ciencias de los Estados Unidos el proyecto Ozm, que acercará al astrónomo y astrofísico Frank Drake, el personaje central de este capítulo, al estudio de vida extraterrestre en el cosmos.

Posteriormente, se llevaron a cabo una serie de conferencias los días 1 y 3 de noviembre, congregándose científicos con alta trayectoria, y los cuales ya habían sido galardonados por sus contribuciones a la ciencia.

A dichas conferencias asistió Carl Sagan, a quien se le ha considerado el más grande divulgador de la ciencia del planeta. Más tarde, Frank Drake desarrollaría la ecuación que lo haría famoso en su ambiente científico, esta ecuación mejoraría la búsqueda de *Inteligencia extraterrestre* en otros mundos.

En el capítulo nueve menciono una de las propuestas acerca de cómo se habría originado el universo. Aunque la única teoría que los astrónomos y especialistas han considerado como la más acertada es la del “*Big Bang*” o gran explosión. La teoría contraria es la conocida como “*Big Silence*”.

Esta teoría propuesta por el físico Ed Winton, reúne la teoría de cuerdas con la fuerza de gravedad y la física cuántica.

En el capítulo diez, la ciencia ficción desde su aparición ha sido inspiradora para que científicos de todo el mundo evolucionen en el desarrollo de los conocimientos surgidos desde la mitad del siglo XX y lo que llevamos del XXI en áreas como la medicina, viajes espaciales, tecnología, biología, entre otros. El objeto de este capítulo es conocer cómo surgió la ciencia ficción antes de que se publicaran las novelas de Julio Verne, así como su posterior desarrollo en novelas, películas y series de televisión.

Los capítulos del once al quince tratan temas relacionados a descubrimientos astronómicos recientes. Gracias a los viajes espaciales llevados a cabo por las agencias NASA y ESA, hemos conocido fenómenos astronómicos como los agujeros negros; hemos adquirido mayor conocimiento sobre el hallazgo de agua en los planetas y satélites de nuestro sistema solar. Así como el descubrimiento de exoplanetas, por telescopios potentes como el Hubble y más tarde con los telescopios Kepler o el James Webb.

Aproximadamente en el año 2020 se han contabilizado más de cuatro mil nuevos planetas, descubiertos a lo largo de un poco más de tres décadas.

En el capítulo siguiente empiezo describiendo los antecedentes históricos acerca del origen de las conocidas “leyes de la herencia” estudiadas y descubiertas por el monje Gregory Mendel.

Posteriormente, paso al descubrimiento de la molécula del ADN, con las principales contribuciones de personajes como James Watson, Francis Crick y aún no reconocida como su principal aportación al estudio del ADN, Rosalind Franklin. En los últimos avances en el campo de la genética, aparece lo que se llama hoy la “epigenética”, que es una rama de la genética que se está estudiando a pasos agigantados, tomando como principal base en sus estudios la selección natural de Charles Darwin, el Proyecto Genoma Humano, así como las leyes de la herencia.

El próximo capítulo lleva el título del libro, donde se menciona la importancia de la ciencia en el progreso y desarrollo de un país para poder alcanzar la modernidad.

Recordemos que a partir del desarrollo de lo que hoy podríamos llamar “Revolución Newtoniana”, considerada como un antecedente de lo que conocemos como “el siglo de las luces”, las leyes de Newton marcaron un parteaguas en el desarrollo de los descubrimientos científicos de la época. Dichos trabajos han repercutido en el desarrollo de la ciencia a principios del siglo XX con la teoría de la relatividad y la física cuántica de Albert Einstein y Max Planck, respectivamente.

En este capítulo marco la diferencia de que, todo país que quiere progresar como una potencia mundial, debe trabajar en el desarrollo de la ciencia, tecnología y una buena educación. Si se toman en cuenta los pilares mencionados en el primer capítulo, tanto la economía como el bienestar y la salud, serán protagonistas en un futuro.

En el penúltimo capítulo trato un tema histórico y a la vez religioso “la estrella de Belén”. Tomando en cuenta sus antecedentes históricos, tanto en la religión como en la ciencia, en este caso la astronomía.

Para finalizar, espero que este libro contribuya a conocer un poco más sobre los nuevos descubrimientos hechos por científicos de todo el mundo para aportar al desarrollo de su nación en distintas áreas del conocimiento.



Capítulo 1

El objetivo de la ciencia

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Como sabemos, la ciencia es una empresa humana que goza de enorme prestigio social. Gracias a esto, se ha considerado como uno de los tres pilares del desarrollo de una nación, los otros dos son la educación y la tecnología.

En el pasado, la importancia de poner el conocimiento científico al alcance de todo el público ha sido ignorada. Aparte de las materias que se cursan en la escuela, hay pocas instancias a través de las cuales una persona se puede poner en contacto con avances científicos recientes. Desde los inicios de la actividad científica han existido personas convencidas de que vale la pena compartir el interés y hasta el placer que el conocimiento científico pueda aportar a nuestras vidas. El pensamiento científico no es solo nuestra oportunidad para combatir la ignorancia, sino también para garantizar la igualdad, la justicia y la supervivencia de la humanidad.

Solo la cultura de la ciencia, como ha mencionado el ganador del premio Nobel en el año de 1959, el bioquímico estadounidense Arthur Kronoberg, podría permitir que los pueblos y los gobiernos comprendan la necesidad de apoyar a la investigación básica y libre. Países en vías de desarrollo como el nuestro no pueden darse el lujo de no apoyar la ciencia y la tecnología.

El conocimiento científico es el resultado del natural y característico deseo de conocer al ser humano. Como animal racional, el hombre busca una explicación de la realidad que le rodea.

El nacimiento histórico de la ciencia en occidente, es decir, el momento en el que comenzamos a disponer de documentos escritos de carácter científico, es simultáneo al

nacimiento de la filosofía. Los primeros filósofos se llamaban *físikos*, es decir, investigadores de la naturaleza.

Personajes como Aristóteles ocupan un lugar relevante, no únicamente en el terreno de la filosofía, sino también en la biología, la física y la astronomía. Fue en el siglo XVII cuando las ciencias alcanzaron un elevado grado de madurez, independizándose del tronco común que era la filosofía.

El representante más destacado de dicha liberación fue el físico y matemático Isaac Newton, que fundó lo que hoy se conoce como física clásica, y autor de un clásico de la literatura científica: “Principios matemáticos de la filosofía natural”, o como lo conocen muchos e incluso al día de hoy como los “Principia” que traducido en los comienzos de la física sería: “Filosofía de la naturaleza”.

En el siglo XX la independencia alcanzada tres siglos atrás se reforzaría mediante la consolidación académica de las diferentes disciplinas científicas que hoy conocemos. A través de una nueva revolución en el campo de la física, como supuso la formulación de la teoría de la relatividad por parte de Albert Einstein, durante las dos primeras décadas del siglo.

CONCEPTO DE CIENCIA

En una primera aproximación al concepto de ciencia, podemos decir que es un tipo de saber, frente al saber ordinario que se contenta con la aprobación de los hechos, la ciencia se pregunta por la causa de estos hechos.

La conexión que existe entre los conceptos del movimiento molecular, temperatura y energía, permite establecer relaciones causales y formular leyes. Es decir, afirmar que estas relaciones que se producen en forma regular, como lo muestra esta sencilla gráfica:

saber → ordinario (qué)
científico (por qué) → causas leyes

El concepto de ley incluye la posibilidad de realizar predicciones. Por ejemplo, se ha definido la palabra ciencia

como la capacidad de predecir hechos futuros a la luz del conocimiento de los hechos presentes. Se afirma que $F=ma$, conocida como la segunda ley de Newton. Que con palabras dice, la aceleración es directamente proporcional a la fuerza del cuerpo e inversamente proporcional a la masa el cuerpo. Dicho conocimiento se puede usar para construir automóviles que consumen menos energía, aceleran y corren más rápido mediante la reducción de su peso, construyéndose con un material más ligero, ya que la aceleración es a su vez, la variación de la velocidad en el tiempo.

Podemos definir el concepto de saber como lo definen los filósofos del siglo XX, que optan por el giro lingüístico, analizando los elementos que intervienen en el mismo y las relaciones que se establecen entre ellos.

Por otro lado, tenemos los llamados criterios de demarcación, que sirven para distinguir y delimitar la ciencia de lo que no lo es, para tratar fronteras precisas entre la verdadera ciencia y las pseudociencias. Estos criterios de demarcación se entienden como los rasgos característicos del conocimiento científico y son los que excluyen a pseudociencias como la astrología, la quiromancia, la futurología, entre otras. Estos rasgos son: lenguaje riguroso, sistematicidad, inclusión de leyes y teorías, coherencia y verificabilidad.

Lenguaje riguroso: La ciencia se caracteriza por el uso de un lenguaje riguroso en el que todos los términos que aparecen están definidos con precisión y claridad. En este caso aparecen las ciencias formales como las matemáticas o la lógica.

Sistematicidad: Uno de las características de la ciencia es su orden, distinguiéndose lo que es primero y lo que se deriva después.

Inclusión de leyes y teorías: Para hablar de ciencia deben establecerse relaciones precisas y definidas a través de diferentes conceptos y magnitudes que permitan fijar regularidades y realizar predicciones; lo que se conoce como leyes. Estas leyes se deben escribir de forma sistemática, ordenada, orgánica y constituir teorías.

Coherencia: Es un criterio que debe tener cualquier ciencia, es decir, contradicciones nulas y ser explícitas.

Verificabilidad: Es una de las grandes diferencias entre ciencia y pseudociencia: la toma de decisiones. Solo aquello

que puede constatar el científico de manera empírica se debe tomar en cuenta.

Por otro lado, dentro de las ciencias existentes que superan los criterios de demarcación se encuentran las matemáticas, la sociología, física y la medicina; cada una con sus características particulares.

Para distinguir lo que son las ciencias empíricas y las ciencias formales, tenemos que tener ciertas consideraciones. Las primeras extraen su conocimiento de la experiencia, aquí entran la mayoría de las ciencias. De estas se puede distinguir un subgrupo referente: ciencias experimentales. Con esto, podemos decir que todas las ciencias empíricas las podemos llevar al trabajo de un experimento, de manera que estamos adquiriendo la experiencia.

En cambio, las ciencias formales no precisan recurrir a la experiencia, sino que sus herramientas básicas se adquieren con leyes. Por esa razón la matemática se adquiere con una aplicación de las leyes de la naturaleza.

Antes de pasar a las etapas del desarrollo de la filosofía de la ciencia, veamos la importancia del trabajo desarrollado por el filósofo Francis Bacon. Más adelante en otro capítulo relacionado con este personaje, se explica parte de su vida y su desarrollo como científico. Bacon dejaría la base de lo que podría ser la herramienta más importante del conocimiento: el método científico. Escribió dos libros de gran influencia en la cultura occidental, uno “El avance del saber” en el año de 1605 y el segundo en 1620 con el título “*Novum organum*” (Órgano nuevo). El método que estableció Bacon se ha perfeccionado considerablemente hasta parecer algo como lo que se presenta a continuación.

- 1.- Eliminar prejuicios
- 2.- Hacer muchas observaciones relevantes
- 3.- Con base en estas elaborar una hipótesis
- 4.- Realizar una predicción basado en la hipótesis
- 5.- Llevar a cabo un experimento
- 6.- Si el experimento parece probar la hipótesis, se debe realizar más predicciones y llevar a cabo otro experimento, y así de manera sucesiva

ETAPAS SOBRE LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

Teniendo este dato podemos continuar con el desarrollo de la filosofía de la ciencia hasta nuestros días.

Primera etapa. Inició en los años veinte en Austria y Alemania, cuyo núcleo se trasladaría en los años cincuenta, a causa de la guerra, a Estados Unidos e Inglaterra.

Se trata de la epistemología de los filósofos del círculo de Viena y también del falsacionismo popperiano. Todos los filósofos en este período distinguen los conceptos de teoría y observación. Para los positivistas lógicos, cada experimento positivo crecería mediante inducción al grado de verdad de la teoría sometida a prueba.

Segunda etapa. También se le llama período historicista. Esta parte de la historia arranca con la publicación de la teoría de Thomas Kuhn en su libro “La estructura de las revoluciones científicas” en 1962. El análisis lógico de las teorías y su expresión mediante una gran variedad de lenguajes formales, practicaba una epistemología imaginaria alejada por completo de lo que era la ciencia real. El giro historicista de los sesenta significó precisamente volver a la ciencia real a través de estudios históricos. Esta etapa se considera fundamental y oportunamente crítica que hasta el día de hoy se sigue analizando este valioso texto de la época que sirve para comprender la ciencia en la actualidad.

Tercera etapa: También se le llama período de síntesis superadora, extendiéndose hasta el presente. Se siguen utilizando los formalismos, pero una vez asumida la parte histórica, esto se aplica a ejemplos concretos y relevantes, esto es la ciencia real y no a una ciencia imaginaria. La filosofía de la ciencia permanece en un plano descriptivo, es decir, establece los criterios reales científicos.

A los cinco criterios de demarcación se añade otro más: la existencia de un paradigma. Podemos entender esta palabra como un estilo de pensamiento, una matriz disciplinar que extiende una gran teoría vigente durante un período histórico y que la comunidad científica considera como buena.

Por otro lado, menciono que los conceptos que maneja la ciencia proceden preferentemente no de forma exclusiva de la experiencia, sino que a veces en la distancia entre el

concepto y la experiencia hay gran espacio que difícilmente puede encontrar un camino que lleve de uno a otro.

En algunas ocasiones ese camino solo se puede realizar, con la ayuda de un sofisticado instrumental de observación. Por ejemplo, en biología se requiere de un microscopio para ver directamente un glóbulo rojo y dar un punto de vista. Veamos la siguiente clasificación de las ciencias:

Clasificación de las ciencias

Formales	Empíricas
Matemáticas y lógica	Humanas y naturales

Las humanas se dividen en teóricas y aplicadas;

Teóricas. - Sociología, física, historia y economía.

Aplicadas. - Psicoterapia, economía analítica, sociología analítica.

Las naturales se dividen en teóricas y aplicadas;

Teóricas. - Física, biología, química, entre otras.

Aplicadas. - Medicina, farmacia, ingeniería, entre otras.

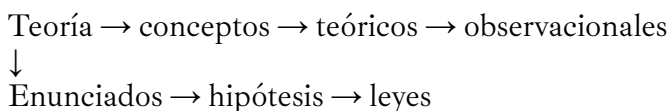
Aunque difieran en qué ha de entenderse por filosofía de la ciencia en los tres períodos ya mencionados, coinciden en que lo más importante para la ciencia es la teoría.

La concepción estructural o contemporánea de las teorías científicas surge para salirle al paso a las insuficiencias del concepto clásico y al apoyarse en un estudio histórico detallado de determinados casos de “revoluciones científicas”.

De hecho, en el texto de Thomas Kuhn titulado “Las estructuras de las revoluciones científicas” se introducen varias ideas novedosas en buena parte por el filósofo Ludwick Fleck, y a su vez revolucionarias para la ciencia.

La idea de paradigma que designa a la comunidad científica en un momento histórico dado, comparte una misma gran teoría y los mismos métodos de investigación. La terminología de Fleck determina también qué fenómenos son susceptibles o no a una explicación científica. Por otro lado, la distinción de dos períodos en el desarrollo de toda teoría científica, uno normal y otro revolucionario. Los científicos

se comportaron de forma radicalmente diferente en cada uno de estos períodos. Durante el período normal, los científicos desarrollaron el paradigma vigente por especialización teórica, es decir, deduciendo casos especiales de teoría en las que se extiende el conocimiento. Veamos la siguiente gráfica.



La ciencia no progresa por acumulación de verdades definitivas, sino por revoluciones que implican una forma completamente nueva de ver las cosas.

El cambio científico implica, utilizando terminología de Ludwick Fleck, la transformación del estilo de pensamiento, es decir, un cambio de cosmovisión. Para la concepción estructural, los elementos mínimos de una teoría no son las proposiciones, sino los modelos, esto en los correlatos formales de la realidad.

Al igual que la filosofía clásica de la ciencia, la concepción estructural distingue dos niveles dentro de una teoría científica al nivel de la aplicación empírica y el nivel propiamente teórico.

Podemos completar el concepto de teoría científica que hasta aquí hemos desarrollado como una estructura que pretende describir y explicar la realidad con un enfoque complementario que trata de dar razón por así decir, de la verdadera esencia de estas, de lo que realmente son, como surgen en concreto, cuál es su génesis en tanto entidades teóricas.

Para el constructivismo, que posee por cierto muchas modalidades, las teorías son construcciones, como, por ejemplo, las cosas, los coches y los aviones, lo que lleva a la idea de la artificialidad. Las teorías son en sentido un reflejo de un mundo objetivo, que producirían como un espejo herramientas, es decir, instrumentos. El instrumentalismo es una variedad de constructivismo que sirven para manejar, manipular y ordenar.

Este manejo de la realidad se lleva a cabo ante una base de percepciones que para el constructivismo radical serían resultado de una excitación del sistema nervioso, distinguibles

de las alucinaciones, que muestran el mismo patrón de excitación neuronal, presenta la misma base física y bioquímica, lo que lleva a la idea de que la realidad misma es un constructo.

Para el constructivismo, las teorías serían entonces constructos funcionales que sirven al hombre para adaptarse a la realidad, ordenándola, lo que facilita la supervivencia en un determinado momento. De ello, lleva implícito un componente convencional. Tanto el convencionalismo de Ernst Mach (1838-1916) y del matemático Henri Poincaré (1854-1912) constituyen una variedad de constructivismo. Las teorías serían más que convenciones útiles, cuyo fin no es reproducir la realidad, de modo que serían principios de utilidad, sencillez, simplicidad o economía.

Para el instrumentalismo, variante del constructivismo convencional, las teorías son herramientas útiles, ni verdaderas ni falsas, sino adecuadas. Las teorías serían en este sentido elementos de cultura que surgen en un determinado contexto social, pertenecen a la institución más básica y sirven para salvar los fenómenos, para manejarnos dentro de ella de forma coherente. El constructivismo presenta una actitud que va del agnosticismo a la incredulidad, o no se pronuncian o no saben o no creen que exista realmente. El constructivismo sólo cree en una observación básica a partir de la cual se considera capaz de explicar la construcción de los conceptos más abstractos mediante operaciones simples.

LOS PROCESOS DE JUSTIFICACIÓN SOBRE LA CIENCIA

Los procesos de justificación racional de la creencia, que no son otros que los denominados métodos de la ciencia, se entienden como los caminos que sigue la ciencia para obtener el conocimiento. Podemos decir que este camino se refiere a la vida que conduce de la experiencia a la formulación de una ley o una teoría que incluye también el otro sentido de una misma dirección a saber el método que lleva de la hipótesis a su confrontación empírica y posiblemente llegar a fase experimental para su comprobación. Con este fin se utilizan las siguientes sendas o procedimientos que aquí presento y

que brevemente explico: la inducción, el método hipotético-deductivo, la modelización, modelo analógico, modelo intuitivo, modelo icónico, modelo matemático.

LA INDUCCIÓN

Es la inferencia que nos permite pasar de un caso o algunos casos a la totalidad de los casos. En la vida diaria realizamos inducciones con frecuencia. La inducción no sirve para la formulación de conocimiento científico nuevo relevante, ya que implica una simple generalización.

La ciencia es objetiva. El conocimiento científico es conocimiento fiable, porque es conocimiento objetivamente probado.

Esta opinión se hizo popular como consecuencia de la revolución científica, que tuvo lugar en el siglo XVII y que fue llevada a cabo por pioneros de la ciencia como Galileo Galilei e Isaac Newton.

Un comentario del filósofo francés Francis Bacon y de algunos de sus contemporáneos fue: “La actitud científica de la época cuando insistían en que si queremos entender la naturaleza debemos consultar a la naturaleza misma y no los escritos de Aristóteles”.

Las fuerzas progresistas del siglo XVII llegaron a considerar de forma errónea la preocupación de los filósofos de la naturaleza medievales por la obra de los antiguos, en especial de Aristóteles, y también por la Biblia, como fuentes del conocimiento científico.

LA DEDUCCIÓN

Es la inferencia que conduce de lo general a lo particular. En este sentido, es lo contrario de la inducción de todo. La deducción no es un procedimiento exclusivo de la ciencia. Las deducciones se realizan a todas horas y en todos los ámbitos de la vida. La deducción es lógica y segura, se limita a extraer o explicitar un conocimiento, implica un simple análisis y no sirve para formular conocimientos nuevos. En el lenguaje coloquial es inexacta.

LA OBDUCCIÓN

Es el paso que conduce de los hechos de la experiencia a una ley o teoría explicativa de la misma. Podemos distinguir dos modalidades:

- 1.- La obducción: suministra una ley o teoría nueva, como es el caso de la ley de gravitación universal cuando la formula Newton.
- 2.- La obducción: para explicar un hecho se sirve de leyes o teorías ya existentes. Por ejemplo, abduce el médico cuando hace un diagnóstico.

A través de los años se han ido acumulando muchas reglas de naturaleza heurística (significa encontrar). Así el matemático y filósofo francés René Descartes (1596-1650) propuso sus célebres cuatro reglas del método que se debían seguir para alcanzar y fundamentar un conocimiento cierto en todas las ciencias.

Contemporánea, la heurística ha derivado además en una técnica de resolver problemas. Hemos mencionado que la ciencia la constituyen las leyes y teorías, formadas por enunciados observacionales, que de alguna manera han efectuado la mayoría de los científicos desde la antigüedad hasta la época actual.

EL MÉTODO HIPOTÉTICO-DEDUCTIVO

Indica la síntesis de los dos modos de inferencia anteriores: la obducción y la deducción, e incluye todos los pasos que conducen al científico a la formulación y contrastación de sus hipótesis.

Partiendo de los datos de la experiencia, el científico formula hipótesis para explicar los fenómenos que se le presentan. El paso de la experiencia a la hipótesis y a las abducciones.

La realidad que investigan los científicos es sumamente compleja. Un modelo es un objeto, concepto o conjunto de relaciones que se utiliza para representar y estudiar de forma simple y comprensible una porción de la realidad empírica.

Existen distintos tipos de modelos: analógico, icónico, intuitivo y matemático.

Modelo analógico. - Procede por analogía, es decir, la semejanza entre la realidad representada en este modelo muestra los átomos como sistemas planetarios, o la mente como un ordenador.

Modelo icónico. - Procede de griego “icono” e “imagen”. Son imágenes reducidas, representaciones a escala de grandes objetos para estudiarlos mejor. Aquí encontramos las maquetas, fotografías, mapas, diagramas, figuras o cuadros.

Modelo intuitivo. - Sirve para representar realidades de difícil o imposible representación. Aquí nos encontramos la estructura de figuras geométricas, ángulos, superficies, etc.

Modelo matemático. - Este modelo traduce a un lenguaje formal matemático algo de la realidad. Por ejemplo, procede de teorías matemáticas indispensables y originales.

De hecho, la ciencia y la filosofía nacen a la vez en occidente, según hemos visto. Tradicionalmente se considera que en los siglos VI y VII a.C., en Grecia, la explicación lógica de la realidad sustituyó a la explicación mitológica. Con esta sustitución, conocida como el paso o tránsito del mito al logos, nace en occidente la filosofía y con ella la ciencia.

Las primeras obras de las llamadas presocráticos, que nos han llegado solo de forma fragmentaria e indirecta, llevan por título precisamente “sobre la naturaleza”, pues se trata de explicar racionalmente el surgimiento, desenvolvimiento y muerte de los seres naturales, y son en ese preciso sentido obras de física. El filósofo es entonces un individuo que pretende una explicación racional de la realidad entera del cosmos, del todo ordenado, en el que cada suceso acontece conforme a la ley, incluyendo el origen de esta misma ley de la racionalidad observable en el universo. A Aristóteles se le considera el padre de todas las disciplinas contemporáneas, tanto filosóficas como científicas (de la física, de la biología, de la lógica, de la ética, de la política, entre otras).

Por ejemplo, Hipócrates de Cos, considerado el padre de la medicina, se recuerda 2500 años después por el juramento hipocrático que los estudiantes de medicina pronuncian cuando se licencian. Pero principalmente se le recuerda por

sus esfuerzos por retirar el manto de superstición de la medicina y por llevarla a la luz de la ciencia.

En un pasaje típico, Hipócrates escribió: “Los hombres creen que la epilepsia es divina, meramente porque no la pueden entender. Pero si llamasen divino a todo lo que pueden entender, habría una infinidad de cosas divinas”.

A medida que fue avanzando el conocimiento de la medicina a partir del siglo IV, cada vez era más lo que entendíamos y menos lo que teníamos que atribuir a la intervención divina.

En el diagnóstico de la enfermedad, Hipócrates introdujo elementos del método científico.

Mientras en el mundo islámico florecía la medicina, en Europa se entró realmente en una edad oscura. Se perdió la mayor parte del conocimiento de anatomía y cirugía. Abundaba la confianza en la oración y los caracteres milagrosos, desaparecieron los médicos seculares, se usaban ampliamente cánticos, pociones, horóscopos y amuletos. Se restringieron o ilegalizaron la disección de cadáveres, lo que impedía que los que practicaban la medicina adquirieron conocimiento de primera mano del cuerpo humano; la investigación médica llegó a un punto muerto.

La práctica médica premoderna no logró salvar a muchos ni siquiera en su momento. La reina Ana sería la última Estuardo de la Gran Bretaña. En los últimos diecisiete años del siglo XVII se quedó embarazada dieciocho veces. Solo cinco le sobrevivieron. Murió antes de llegar a la edad adulta y antes de la coronación de la reina en el año de 1702.

Las trágicas enfermedades que en otra época se llevaban números incontables de bebés y niños se han ido reduciendo de forma progresiva y curándose gracias a la ciencia. Aparecieron los antibióticos, fármacos, vacunas, el descubrimiento de la estructura molecular del ADN, la biología molecular y hoy en día la terapia genética y el estudio de la epigenética. La metodología de la ciencia puede modificar las opiniones de científicos y toda persona que simpatice con ella.

Recordemos que en el siglo XVII la obra que inicia propiamente la física como ciencia fue la publicación de la obra capital de Isaac Newton: “Principios matemáticos de la

filosofía natural”. En este texto se formulan los fundamentos de la física clásica o newtoniana y se entiende por física a la filosofía de la naturaleza. Esta es una explicación lógica y racional del cosmos tal como la entendieron los primeros filósofos y científicos griegos. Para terminar, hasta la mitad del siglo XIX, todas las disciplinas científicas que hoy conocemos, eran parte de lo que aquél tiempo se llamaba filosofía, pero a partir de la mitad del siglo se bautizó cada disciplina con el nombre que hoy conocemos.



Capítulo 2

Ciencia y conciencia

¿QUÉ ES LA CONCIENCIA?

Este breve ensayo trata sobre un tema complejo: la consciencia. Empezaré con la historia del hombre, que, en un principio de nuestra especie, era un autómatas, aquél ser tenía la conciencia original de nuestra especie. Pasaron miles de años y, como consecuencia de la evolución de su cerebro, el cual se hizo más grande y eficiente, advirtió su entorno y su morada en el mundo. Más tarde el llamado *Homo sapiens* (ser humano), le permitió pensar en el mundo y también explicarlo, de forma que le atribuyó a sus deidades. Era necesario entender el lugar donde vivía. Los dioses eran todopoderosos, había que obedecerlos y evitar las fuerzas malignas que le hacían daño. La existencia era regida por deidades y por ello debía ser reglamentada y había que elegir las mejores normas. La primera preocupación del hombre fue distinguir entre lo adecuado y lo inadecuado, lo cual es función de la conciencia.

El hombre necesitaba un objeto de devoción, que podría integrar sus energías en un solo sitio, elevarse más allá de su ser y conferir significado a su existencia. De manera que el ámbito personal, los principios valores y la devoción son necesidades existenciales del hombre. Es así que germinó la moral que daría paso a los primeros códigos que devinieron en normas jurídicas. Agregamos que el simio ahora convertido en hombre o ser humano, construyó un marco de referencia que le permitiría vivir en sociedad.

Cuando inicia el término conciencia, la antigua lengua griega, heredera del lenguaje indoeuropeo, carecía de palabras como “consciencia” o “conciencia”. En la *Iliada*, por ejemplo, se menciona la emoción colérica, precursora de la conciencia básica, pero nunca a la conciencia misma.

De la misma forma, Homero en el libro *XX*, habla de la ira de Aquiles, cuando “esgrimiendo su lanza, como si fuera un dios, cazaba aquellos a quienes podría matar”.

El vocablo conciencia proviene del latín “*conscientia*”, que se traduce como “con conocimiento”. Además, entender el origen y el funcionamiento de la conciencia es un reto para la ciencia en la actualidad.

Originalmente se empleó con un sentido moral para distinguir el bien del mal, la preocupación de los primeros seres humanos. La palabra “conciencia” aparece en los textos de Marco Tulio Cicerón y Flavio Ariano; por supuesto, con connotaciones teístas.

Para estos autores, la conciencia era el conocimiento de las acciones en los evangelios, es decir, en la teología cristiana la conciencia es moral, es una facultad del alma y las intenciones y acciones humanas son totalmente conocidas, así fue como implantó las ideas de pecado y culpa.

Pedro Lombardo, obispo de París y autor de los cuatro libros de las sentencias, comenzó a precisar el concepto de conciencia al iniciar la diferencia entre *sindéresis* y conciencia.

Posteriormente, San Buenaventura consideró a la conciencia como una facultad racional, una razón práctica relacionada con la acción, la voluntad y las emociones. Buenaventura colocó la *sindéresis* como parte de lo efectivo. Él dividió a la conciencia en dos partes, una general con principios como la obediencia a Dios, lo que es innata e inherente al ser humano; y una segunda, que implica la aplicación de los principios básicos y puede sufrir desviaciones por ignorancia o razonamiento equivocado.

Para Buenaventura la conciencia era una facultad dinámica. El sometimiento de los cristianos a la voluntad divina y la iglesia se apoderó de los occidentales, quienes aceptaron el deber de no solo arrepentirse por una mala acción, sino también de pensarla.

Tomás de Aquino, describió la conciencia como el acto por medio del cual aplicamos el conocimiento moral a nuestras acciones prácticas. Él consideraba que era una facultad del alma y sostenía la existencia de principios generales y secundarios, estas últimas de la instrucción y la experiencia, desarrolladas a partir de la prudencia y la voluntad.

Juan Durst Escoto abordó la teología como una disciplina práctica y se preocupó por la conciencia como precursor de virtudes cristianas. William de Ockham concordaba con Escoto en la relación que existía entre la conciencia y las virtudes. De acuerdo con Ockham, las acciones sólo tienen significado moral cuando representan actitudes internas.

La influencia del cristianismo en occidente fue tan poderosa que los pensadores se orientaron por el concepto de conciencia establecido por el cristianismo: Tomás de Aquino, Durst Escoto y William de Ockham provocaron que, bajo la influencia de Joseph Butler e Immanuel Kant, se concibieron a la conciencia como una facultad del alma.

Cuando no existía la posibilidad de estudiar a los otros, los filósofos reflexionaron sobre sí mismos. Esto lo llevaría a cabo Michel de Montaigne en algunos de sus ensayos, donde se describe como algo más que el estudio de la humanidad. Por su parte, William Shakespeare en su obra “Ricardo III”, imaginaba a la conciencia como la capacidad de enjuiciar y condenar.

René Descartes, a pesar de su esfuerzo por aclarar el asunto de la muerte, sucumbió a la presión religiosa y no cuestionó ni analizó el concepto de conciencia.

Al iniciar el Renacimiento y la modernidad, el poder eclesial comenzaría a declinar, la iglesia sería destituida por el estado y la teología por la ciencia y la filosofía. Como consecuencia de esa revolución intelectual, nacería el individualismo relacionado con la mente del hombre.

Joseph Butler consideraba que la conciencia era una facultad de la mente relacionada con el sentido moral. De hecho, estaba influido por las ideas de Flavio Arriano, que las expuso en el texto “Discursos de Epíteto”. Sin embargo, hay que reconocer que vivía inmerso en la idea mecanicista, que fue producto de la Revolución Científica.

Butler buscó un entendimiento entre la moral revelada y la natural; se consideraban que ambas estaban relacionadas. Las corrientes humanistas de la época comenzaron a percatarse de que la conciencia alcanzaba ciertos fines, que estaba diseñada por dios para lograr su meta, y que nace en la reflexión de sí mismo, pero se expresa en la educación, experiencia, carácter, los principios y valores, así como en la

personalidad, la visión del mundo, la cultura y otras características. Además que el concepto de conciencia, incorpora al acto psíquico individual y social. Sería el médico y filósofo John Locke, uno de los principales representantes del llamado empirismo, quien enfatizará sobre la experiencia sensorial en la búsqueda del conocimiento en lugar de la intuición o la deducción.

Las modificaciones en el pensamiento provocaron que el protestantismo estableciera una nueva relación del individuo con su dios, un acontecimiento que se encadena con el surgimiento de la Ilustración, que niega la existencia de dios con la naciente importancia de la ciencia y tecnología y con el afianzamiento del estado-nación.

Locke hace mención que los atributos intelectuales están en nuestra mente y acuñó el término “consonasues” para así tener como significado lo que acontece en la mente del hombre. Es por medio de la conciencia que la persona adquiere la idea de las diversas operaciones o estados mentales, tales como las ideas de los pensamientos, dudas, razonamientos, conocimientos, voluntad, y aprende de ellos en cualquier momento. La palabra conciencia tiene dos acepciones:

1.- Conocimiento inmediato que el objeto tiene de sí mismo, de sus actos y reflexiones.

2.- Capacidad de los seres humanos de verse y reconocerse a sí mismos y de juzgar sobre esa visión y reconocimiento.

La conciencia mira hacia afuera, hacia los preceptos morales emanados de adoradores de una supuesta divinidad.

En la actualidad se considera que la conciencia apareció con una función cerebral que resultó del miedo o fenómenos naturales y evolucionó con la creación de las deidades y los demonios, el bien y el mal.

La introspección puede definirse como un conocimiento intuitivo, no deductivo, que la mente obtiene de sí misma. Las ideas de Wilhelm Windt fueron rechazadas por el filósofo Augusto Comte, que afirmaba que no podemos tener cognición científica introspectiva pues el sujeto y el objeto son idénticos.

Cuando se analiza el problema de la conciencia no se refiere obviamente al análisis del bien o el mal, sino a la posesión de una capacidad mental que permite conocer y

conocernos. Para resolver el problema de la conciencia es necesario saber cómo funciona nuestro cerebro.

A principios del siglo XX comenzó a emplearse en los países anglosajones el concepto de conciencia, como sinónimo de fenómeno mental. Sin embargo, tanto filósofos como científicos están de acuerdo en considerar a la conciencia como un enigma a desentrañar, en un problema que todavía guarda una incógnita.

Una hipótesis de trabajo para abordar el problema fue propuesta por el filósofo John Searle, quien la define como “la percepción, sentimiento o advertencia que comienza por la mañana cuando despertamos de un dormir sin sueños y que continúa durante el día que caemos dormidos, en coma o no conscientes”.

Para los budistas, la conciencia es un trozo de tierra en el cual se plantan todo tipo de semillas, sufrimiento, felicidad, alegría, pena, miedo, rabia, esperanza. Ser consciente es reconocer cada semilla a medida que brota, regar las buenas o las malas.

Pero el misterio comenzaría a ser develado gracias al avance científico, técnico y filosófico. Para Broca, que descubriría que el centro del habla es el cerebro humano, y Karl Wernicke describiría la afasia sensorial que consiste en la incapacidad para entender el significado del lenguaje hablado o escrito y la separó de la afasia motora, dificultad para recordar los movimientos articulatorios del habla y de la escritura.

RELACIÓN CIENCIA Y CONCIENCIA

En la actualidad la revolución de las neurociencias es ayudada por la imagenología y la biología celular, pues se está descubriendo el funcionamiento de genes específicos. Es posible afirmar que la conciencia es resultado de un proceso evolutivo y emergente.

Por otra parte, Damasio ofrece cinco conclusiones para explicar este fenómeno:

- 1.- Esta función depende de estructuras cerebrales específicas.
- 2.- La conciencia y el despertar, así como un nivel bajo de atención, pueden ser independientes.

- 3.- La conciencia no es un monolito, pues existe un núcleo de conciencia que dota al organismo de un sentido en el aquí y ahora, sobre el cual se apoya la conciencia ampliada que otorga al organismo un elaborado sentido de lo mismo.
- 4.- La conciencia y las emociones no son separables.
- 5.- Las formas tempranas de conciencia son parte de una transición biológica hacia la inferencia e interpretación de fenómenos y funciones cognitivas como la atención, el lenguaje, la memoria y el razonamiento.

La conciencia se amplía de acuerdo con la evolución de la humanidad. Esto fue descubierto por el filósofo Pierre Teilhard de Chardin, quién señaló que la evolución ha transitado por las etapas de geogénesis (formación de la tierra) en la geosfera, biogénesis (engendramiento de los seres vivos) en la biosfera; psicogénesis (creación de la mente) en la psicosfera y de esta con la llegada del desarrollo evolutivo culminará en una súper-conciencia a la que Chardin llamó punto omega. Desde un punto de vista laico, estos fenómenos son consecuencia de las modificaciones que el entorno imprime en la persona, por ello cada vez es mayor el número de personas con una conciencia ampliada.

Se debe enfatizar que la conciencia es un fenómeno neural con una peculiaridad en el sistema nervioso. El fenómeno consciente existente en los animales y el hombre se incrementa de acuerdo con la complejidad del sistema nervioso. La conciencia y las emociones van de la mano.

La conciencia ampliada es una condición mental en desarrollo permanente. Sus raíces también son las emociones y sus principales atributos son: la atención selectiva, la advertencia de sí mismo y de los demás, el conocimiento, el estado de alerta, la información, la inteligencia, el potencial estratégico y de planeación, el juicio, la memoria, la objetividad, la capacidad para predecir eventos futuros, el pensamiento, los sentimientos, la reflexión de sí mismo y del mundo interior, las ideas abstractas y los valores estéticos y éticos.

La inteligencia que nos sirve para alcanzar un propósito, es una condición de la conciencia, sin ella no hay un estado consciente. La capacidad de juicio también es un requisito indispensable para la formación de la conciencia, sin aquella

no puede existir esta. El juicio permite distinguir entre lo que es verdadero y lo que es falso y se considera como un estado de salud mental.

La conciencia se sirve de esta facultad para analizar y distinguir las eventualidades de la vida. La objetividad al reconocer el entorno sin deformaciones mentales permite comprender el mundo, y esto es un requisito para la formación de la conciencia. El pensamiento es una actividad mental. Por otro lado, la reflexión sobre sí mismo y el mundo es conocida como la introspección, y sin ella la conciencia no podrá existir.

Con frecuencia, la conciencia se explica a través de funciones cognitivas como la memoria, el razonamiento, el lenguaje y la atención. Sin embargo, mientras que estas son necesarias para la conciencia ampliada, no son necesarias para la conciencia mínima. Por lo pronto, dejemos en claro que la conciencia es un complejo de atributos humanos que van de lo individual a lo cultural, como lo señaló William Shakespeare.

Históricamente, la mayor revolución de nuestra generación, sentenció William James, es el descubrimiento de que los seres humanos al cambiar las actitudes internas de sus mentes, puedan cambiar los aspectos externos de sus vidas. Este juicio muestra el papel de la conciencia en nuestra sentencia.

El hombre primitivo consideraba que el alma era su doble invisible y por ello guardaba una estrecha relación con el mundo sobrenatural. Los Jonios la identificaron con el fuego, el aire y el pensamiento universal. Platón consideraba que la psique era un ideal. La leyenda griega, relatada por Apuleyo en el “El asno de oro” cuenta que Psique, una joven princesa que provocaba los celos de Afrodita, y esta le pone pruebas. Al final recibe de Zeus el don de la inmortalidad. Esta leyenda fue interpretada como una alegoría del alma humana, de su purificación y preparación para la inmortalidad.

Platón inicia este recorrido que había de concretarse en las obras de Bacon y Descartes y fue el primero en estudiar la mente, pero se consideraba un pensador dualista. Creía en las entidades materiales e inmatrimales, irreductibles y además en las deidades.

El concepto psique fue interpretado por los filósofos judeocristianos como el alma, lo que era una dádiva divina que sujetaba al hombre con Dios.

Descartes afirmaba que la mente y el cuerpo eran entidades separadas y de naturaleza opuesta, y cada una era capaz de existir independiente de la otra. Para Descartes como para la iglesia, el alma del hombre era invisible, incorpórea e inmortal.

En ese momento histórico, la conciencia europea transformó al alma en un asunto de la iglesia, mientras el cuerpo lo era de la ciencia.

Todo el énfasis de las religiones Abrahámicas (judaísmo, cristianismo e islamismo) fue puesto en la salvación del alma, con menosprecio del cuerpo.

Descartes estableció la tricotomía mente-cuerpo, que ha prevalecido durante cuatro siglos y de la cual apenas estamos saliendo.

Conforme la modernidad se desarrollaba en occidente, la realidad comenzó a menguar el estado, sustituyendo la ciencia a la iglesia y la filosofía a la teología.

De ahí surgieron pensamientos que mostraban un distanciamiento con la iglesia. Un exponente de esta idea fue el filósofo Baruch-Spinoza, que señaló que la substancia subyacente, Dios a la naturaleza, abarcaba toda la realidad, al mismo tiempo que poseía atributos pensantes y extensiones materiales.

La historia del alma, mente y consciencia muestran la evolución de las representaciones que el hombre ha tenido respecto del universo y de sí mismo.

La conciencia se transformó en un problema para la filosofía y la ciencia debido a varias razones:

- 1.- Es un concepto nuevo en la historia
- 2.- La religión ejerció una influencia inhibidora de su estudio
- 3.- Las investigaciones sobre este terreno se hicieron sobre el individuo, aislado de su contexto evolutivo, histórico y social
- 4.- El avance de las neurociencias y otras disciplinas científicas que permiten el estudio de la consciencia es reciente

- 5.- Los descubrimientos genéticos de los últimos diez años muestran nuestra similitud dentro del reino animal con otros mamíferos superiores, en especial con el chimpancé.

Hoy sabemos que la conciencia es una función, y no como antes, que se decía se encontraba en el encéfalo.

Por otro lado, a la teoría de que todo lo sucede en el universo puede ser reducido a interacciones entre partículas se le suele llamar reduccionismo. Aplicando a la conciencia, el reduccionismo afirmó que nuestras ideas, recuerdos y sensaciones no son más que configuraciones de partículas, aunque nosotros los percibimos de forma distinta.

También hay científicos reduccionistas, como es el caso del físico y matemático inglés Roger Penrose, que aceptan que la mente se rige por las leyes de la física; no admiten que pueda ser simulada por un ordenador clásico. Si es posible simular la conciencia tiene que ser posible recrear una persona.

En 1950, el matemático británico Alan Turing (1912-1934) propuso una solución. En un artículo sugirió que si por una conversación escrita un ordenador era capaz de engañar a su interlocutor y hacerlo creer que es humano, habría que concluir que es consciente.

El filósofo estadounidense John Searle (n. 1932) niega que el test de Turing sea como una forma válida de establecer la conciencia de una máquina. Searle sostiene que es posible pasar el test de Turing sin entender una sola palabra de lo que se está discutiendo.

El argumento de Searle tiene varios problemas que muchos científicos y filósofos se han apresurado a apuntar. Primero, es difícil dar con una serie de normas mecánicas que permitan responder preguntas que parecen presuponer que el hablante entiende la conversación. Es complicado transformar todas las posibilidades de conversación entre personas en un conjunto finito de normas. Hay un gran número de detalles y sutilezas que resultan muy complejas para un ordenador.

El segundo argumento más citado contra el reduccionismo fue propuesto por el filósofo Thomas Nagel (n. 1928). Su idea es que la conciencia no puede ser explicada por la ciencia, porque esta es puramente objetiva, mientras que la

conciencia es totalmente subjetiva para llegar a una realidad objetiva comunicable para todos.

Otro científico, Douglas Hofstadter, neutraliza el argumento de Nagel usando el lenguaje para reinterpretar el problema y salir de lo que se considera una trampa del lenguaje.

Finalmente, otro argumento clásico contra el reduccionismo es el de los zombis, el del filósofo analítico australiano David Chalmers (n. 1966), y se basa en la existencia de la misma forma que una persona, pero que no tiene conciencia. Los zombis filosóficos son concebibles. Cualquier cosa concebible es posible. Por tanto, los zombis filosóficos son posibles. Para terminar, los argumentos filosóficos contra el reduccionismo no son suficientes para afirmar que la mente sea simulable.

El tema de la conciencia es muy amplio y va más allá del estudio de la mente, como el estudio del cerebro.



Capítulo 3

Ciencia contra religión

CIENCIA Y RELIGIÓN

Durante siglos hemos sido testigos de una polémica entre la ciencia y la religión. Para muchos historiadores y filósofos de la ciencia, la polémica ha ido de extremo a extremo, gracias a ciertos fenómenos que han marcado las diferencias entre los hombres de ciencia y la iglesia. Posteriormente, trataremos algunos aspectos que van de lo histórico. Hagamos algunas consideraciones acerca de la ciencia y religión para luego pasar a algunos antecedentes históricos del conflicto.

Mencionaré algunos comentarios sobre la religión y la iglesia. Dentro de los escenarios sobre el origen de la religión se considera como un asunto psicológico y antropológico. Por ejemplo, la mayoría de la gente no tiene claro el origen de la religión.

Presento aquí algunos escenarios:

- 1.- La gente creó la religión para explicar el misterio de los fenómenos naturales
- 2.- La religión explica experimentos extraños, sueños, sentimientos, etc.
- 3.- La religión explica el origen de las cosas
- 4.- La religión explica experiencias sobre la existencia del mal y el sufrimiento
- 5.- Las explicaciones religiosas hacen más tolerable la idea de la mortalidad
- 6.- La religión calma la ansiedad y genera consuelo
- 7.- La religión mantiene unido a la sociedad
- 8.- La religión sustenta la moral
- 9.- Los conceptos religiosos son irrefutables
- 10.- La gente es supersticiosa, puede creer en cualquier cosa

Podemos decir además que la religión trata de la existencia y los poderes causales de ciertas entidades y agentes no observables. Para la gente familiarizada con el cristianismo, el islam o el budismo, es claro que el punto más importante de la religión es la salvación o la liberación del alma. Estos son algunos puntos importantes de cómo la religión fue creada. Además, podemos agregar que el origen de la religión no es la necesidad de explicar el universo, ni la necesidad objetiva que ahora se coloca bajo el magisterio de la ciencia.

HISTORIAS SOBRE EL CONFLICTO ENTRE CIENCIA Y RELIGIÓN

Desde niños nos han contado sobre el descubrimiento del continente Americano por parte del navegante Cristóbal Colón. Se nos decía que la Iglesia Católica creía que la tierra era plana, lo que es falso. De hecho, este acontecimiento provocó entre los científicos de esa época y el clero uno de los conflictos que perduraron durante mucho tiempo, y que posteriormente, gracias a las investigaciones de los científicos, terminó con un ejemplo de la falsedad de la guerra entre la ciencia y la religión.

¿Cómo se llegó a este resultado? Todos sabemos que los sabios clásicos establecieron la esfericidad de la tierra. La cosmología de Aristóteles asume un planeta esférico y Eratóstenes midió realmente la circunferencia de la tierra en el siglo III a.C. El mito de la tierra plana aduce que este conocimiento se perdió cuando las tinieblas eclesíásticas se instalaron sobre Europa.

Durante mil años casi todos los intelectuales sostenían que la tierra debería ser plana. El Renacimiento redescubrió las nociones clásicas de esfericidad, pero la comprobación, requirió de una persona intrépida, Cristóbal Colón y de otros grandes exploradores. La versión inspiradora y colegial del mito se centra en Colón.

Algunas citas y gran parte de la documentación proceden de un libro del historiador J.B. Russell con el título “La invención de la tierra plana”, en donde hace mención que nunca existió un período de “oscurantismo de una tierra plana” entre los sabios. El conocimiento griego de la esfericidad

nunca desapareció y todos los principales sabios medievales aceptaron la esfericidad de la tierra como un hecho establecido de la cosmología. Históricamente, los reyes católicos Fernando e Isabel remitieron efectivamente los planes de Colón a una comisión real encabezada por Hernando de Talavera, confesor de Isabel, y después de la derrota de los moros, arzobispo de Granada.

Dicha comisión, planteó a Colón a una comisión. Obviamente hubo algunas objeciones intelectuales, pero todas asumían la redondez de la tierra. Su crítica principal consistía en afirmar que Colón no podría alcanzar las Indias en el tiempo que tenía previsto, porque la circunferencia de la tierra era demasiado grande. De hecho sus críticos estaban en lo cierto. Prácticamente todos sus principales eruditos cristianos afirmaban la redondez de nuestro planeta. Beda “el venerable” se refería a la tierra como una urbe situada en el centro del universo. En el siglo XII, las traducciones al latín de muchas obras griegas y árabes extendieron muchísimo entre los eruditos la apreciación general de las ciencias naturales, en particular la astronomía y la convicción sobre la esfericidad de la tierra aumentó y se reforzó. Roger Bacon (1220-1292) y Santo Tomás de Aquino (1225-1274) afirmaron la redondez a través de Aristóteles y de sus comentaristas árabes, como hicieron los grandes científicos de épocas medievales posteriores, entre ellos Nicholas Oresme (1320-1382). Todos estos hombres poseían órdenes eclesiásticas. La pregunta obligada es entonces: ¿Quién estaba a favor de una tierra plana, si todos los principales sabios creían en su redondez?

Para responder a esta pregunta, el gran filósofo de la ciencia el inglés William Whewell fue el primero en identificar a los principales culpables. En una obra que tiene como título “Historia de las ciencias inductivas” que fue publicada en el año de 1837, aparecen dos personajes mucho menos importantes que llevan el nombre de Lactancio y Cosmos Indicoplaustes. J.B.Russell comentó “Whewell señaló a los culpables como prueba de una creencia medieval en una tierra plana, y prácticamente todos los historiadores que lo siguieron lo imitaron apenas encontraron otros ejemplos”.

Estos dos personajes mencionaron a Lactancio. “Creía que la gente era inepta, es decir, no creía en la redondez de la

tierra". Cosmos defendía de manera abierta que la tierra era un suelo plano para el arco rectangular.

Otra pregunta que nos podemos hacer es ¿De dónde, pues y por qué surgió el mito de la creencia medieval en una tierra plana? La obra de Russell nos proporciona una referencia tanto para los tiempos como para las personas. Ninguno de los nacionalistas anticlericales del siglo XVIII (Cadillac, Condorcet, Diderot, Gibbon, Hume, Benjamín Franklin) acusaron a los primeros sabios cristianos de creer en una tierra plana. Washington Irving dio un gran impulso al relato de la tierra plana en su historia de Colón, en gran parte ficticio, publicada en 1828, pero en dicha versión no trajo arraigo. Russell estudió libros de secundaria en el siglo XIX y encontró que muy pocos mencionan el mito de que la Tierra era plana antes de 1870, pero en casi todos los textos posteriores al año de 1880 apareció la leyenda. En esos años marcaron la construcción del modelo de guerra entre la ciencia y la religión como tema fundamental de la historia de occidente. Russell afirmó que el mito de la tierra plana consiguió una afirmación para el triunfo de la ciencia bajo una falsa dicotomía de la historia occidental. Por otra parte, el mito de Colón y la tierra plana apoya la estrategia de mostrar una guerra entre la ciencia y la religión. Los eruditos cristianos nunca proclamaron una tierra plana frente a los descubrimientos de la ciencia y los conocimientos de la antigüedad, y Colón no luchó en contra de las autoridades eclesiásticas sobre este tema inexistente. Otro de los aspectos históricos que se han planteado, haciendo creer un conflicto entre la ciencia y la religión es con respecto del creacionismo y evolución que marcaba el biólogo Charles Darwin y que provocaría consecuencias en los terrenos políticos, sociales y religiosos de su nueva idea. Aunque Francisco de Asís y otros Santos cristianos consideraban al universo como un hermano, la Iglesia católica negaba enfáticamente la teoría de la evolución: el ser humano estaba hecho a imágenes o semejanza de Dios. Darwin fue un renuente progresista. A principios del año 1844, después del viaje del Beagle, escribió a un amigo Joseph Hooker diciéndole que estaba convencido de que las especies no son inmutables. La mayoría de las especies que existían en el pasado ya no están. En el futuro existirían nuevas especies que habrán

de descender de las especies que existen en la actualidad. De manera que todos los animales y las plantas actuales no son más que una instantánea fotografía en un flujo cambiante de la vida. Esta fue una de las ideas más progresistas en la historia del pensamiento humano y Darwin se rehusaba a admitirlo. Darwin estaba consciente de las implicaciones como se ha dicho: políticas, sociales y religiosas. Decía también que si las especies cambian, entonces también pueden hacerlo las Instituciones establecidas; la iglesia, la aristocracia provinciana, la clase gobernante. La religión tenía mucho que perder por estar basada en la cosmología de las escrituras. La evolución no solo fue una idea científica, fue una granada de mano que los progresistas tomaron como justificación de la reforma social, maldecida por los reaccionarios que la tachaban de subversiva del orden social, bien acogida por los ateos y temida por los teístas. La evolución enfrentó a los dos grandes anhelos de la humanidad, la inmovilidad y el cambio y sus correspondientes posturas mentales, ya sean creyentes fanáticos y escépticos. Darwin también dice, una y otra vez que él se resistió a la idea de la evolución, la mutabilidad de las especies le fue forzado por la evidencia de la naturaleza. Los biólogos debaten de manera enérgica los detalles de la evolución y la suficiencia de la selección natural como agente de cambio, pero nadie dentro de la comunidad científica, dado que la vida evolucionó durante miles de millones de años a partir de esta telaraña de la vida. Por parte de la iglesia, en el año de 1996, el conservador Papa de la Iglesia Católica Juan Pablo II, afirmó que la evolución es más que una teoría. La enseñanza de la biología evolutiva está bajo el asalto nacional por parte de los cristianos fundamentalistas.

La teoría de la evolución es una teoría tan antigua como la vida misma. En 1972 los biólogos evolucionistas Niles Eldredge y Stephen Jay Gould introdujeron una nueva idea, a la que llamaron “equilibrio interrumpido, en la cuál propusieron que las nuevas especies aparecen de cierta manera en el registro geológico, presuntamente en momentos de cambio a tensión ambiental, seguido de períodos en que las especies permanecían relativamente sin cambios.

Los científicos dicen que cualquier grupo de afirmaciones relacionadas acerca del mundo son una teoría. Algunas

teorías son apoyadas, como es el caso de la teoría atómica de la materia o la teoría celular de la vida tan firmemente apoyadas, que dicen que los átomos y las células son hechos. Los cristianos fundamentalistas siguen rechazando el “ateísmo científico” con el fervor de antes. Por ejemplo: la clase alta e influyente de las iglesias cristianas aún pugna incómodamente para llegar a una especie de acomodo con la ciencia. Appleyard historiador de la ciencia y escritor científico, afirma que la ciencia es dominante y omnipresente e incomparable con la religión. Admitió que la ciencia es efectiva. Por ejemplo, en el caso del problema de Galileo, donde se afirmaba que la tierra no es el centro del universo. Appleyard da a entender que estaríamos mejor si Galileo, Newton, Darwin y Freud hubiesen mantenido la boca cerrada y hubieran trastocado los hechos solo de acuerdo con el sentido tradicional único con el universo. El principal temor de Bryan Appleyard es lo que llama “liberalismo científico”, una actitud de la mente que rechaza la creencia absoluta en cualquier cosa. Lo que llama a los científicos virtudes, escepticismo, tolerancia a los puntos de vista de los demás, creencia en el progreso ciertamente no están en oposición a la espiritualidad y el comportamiento ético. Appleyard también menciona que todo lo que la ciencia ha aprendido desde Galileo sugiere que somos partes occidentales, fórmulas y efímeros de la creación. En la época de la confrontación entre Galileo y la iglesia los acusadores de este, mencionaron que si la tierra gira alrededor del sol puede ser una forma útil de calcular el calendario, pero no deberíamos confundir la astronomía heliocéntrica con la verdad. Por supuesto que Galileo lo veía en forma diferente, siguiendo de manera forzada la negación del movimiento de la tierra, en su calidad de una persona que se arrodillaba ante los cardenales en su asamblea. La leyenda dice que Galileo murmuró en voz baja “sin embargo se mueve”. Además la iglesia optó por una cosmología muerta, sobrenatural y geocéntrica. Es más, la ciencia no solo purifica el impulso religiosos de su antropomorfismo, sino que contribuye a una espiritualización religiosa de nuestro entendimiento de la vida. Entre otras cosas, toca a Stephen Hawking, autor de una de los libros más polémicos que lleva como título “El gran diseño” publicado hace un poco más

de diez años, donde hace mención que nuestro universo fue creado de la nada, abriendo una polémica entre la clase científica y la iglesia. Otro de los textos y quizá ya convertido en un clásico “Breve historia del tiempo”, en donde propone un universo que no tiene límites en el tiempo, por lo tanto retira incluso la necesidad de un fabricante de relojes. La esencia de la teología natural de Hawking es la siguiente: la mente de Dios es idéntica a un plan de la creación de sorprendente simplicidad y generalidad, la así llamada “La gran teoría unificada (GUT)” buscada por los físicos de fines del siglo XX. La comprometedora invitación de Hawking a conocer la mente de Dios es un artificio de provocación y cambio, pues los pensamientos de Dios, como lo revela Hawking, resultan estar formulados en el inescrutable lenguaje de la física-matemática. Pero podríamos decir que no es la mente de Dios, sino la de Hawking. Por otra parte, podemos decir como lo dijo el físico Steven Weinberg, que la teoría unificada, que todo el universo, incluyendo el universo mismo, será finalmente entendido en términos de una teoría final de forma simple. Será una teoría matemática derivada de las investigaciones experimentales de la física de partículas de alta energía. También mencionemos que los físicos han descubierto una nueva partícula de fuerza, llamada “Partícula de Higgs o Partícula de Dios” en honor del físico británico Peter Higgs, que propusiera su existencia por primera vez y a través de investigaciones experimentales se encontraría en el año de 2012. Dichos experimentos se realizaron en un colisionador de Hadrones, donde se pudo identificar la existencia de esta partícula y ha logrado tener elementos importantes para un estudio más profundo sobre el origen del universo.

Para terminar este recorrido por los conflictos que han tenido la religión y la ciencia, que por mucho tiempo se han evadido, vale decir que es posible que el conflicto ficticio que hubo se fuera dando gracias a lo psicológico. Parte de este conflicto podemos decir fue provocado por las dudas que restablecieron entre científicos y miembros de la Iglesia Católica, por acontecimientos que se fueron dando con respecto a la astronomía y cosmología y desacuerdos entre ambas partes.



Capítulo 4

Pseudociencias

Desde la aparición del hombre, se ha tenido el deseo de explorar y conocer el mundo que nos rodea, nunca se ha aceptado la resignación a nuestro alrededor. En el transcurso del tiempo, el *Homo sapiens*, que tiene como significado “Hombre sabio”, ha ido comprendiendo la naturaleza, elaborando en un principio explicaciones que están vinculadas, por ejemplo, a la magia, al mito y a la superstición, para intentar explicar, predecir y controlar los fenómenos naturales que había a su alrededor.

A continuación, analizo en este capítulo la relación que existe entre cada una de estas ciencias conocidas como son la física, química o la medición, y su contraparte, las hoy conocidas como pseudociencias, que son la astrología, la alquimia y la homeopatía.

ASTROLOGÍA Y FÍSICA

Desde su aparición en la tierra, el hombre siempre ha dirigido su vista hacia el cielo, de manera que no le costaría darse cuenta de que las estrellas mantienen su posición en la bóveda celeste a lo largo de su tiempo.

Con el paso del tiempo, los diversos pueblos vieron en la bóveda celeste distintas imágenes que se ajustaban a esas condiciones y tradiciones.

Una de las figuras más tratadas en la antigüedad es lo que hoy conocemos como la Osa Mayor, El Arado, Carro y Cucharón.

Dentro de las interpretaciones que se daban se veía a la Osa Mayor en las cuatro estrellas que forman la cavidad del cucharón, seguida por tres cazadores, correspondientes a las tres estrellas del mango.

La mayor parte de las constelaciones (formaciones de estrellas) adoptadas en occidente tiene su origen en Mesopotamia. A medida que progresaba la observación del cielo, se empezó a pensar no solo que los fenómenos celestes tenían una naturaleza divina, sino que el examen de aquello que sucedió en la bóveda celeste revelaba lo que ellos llamaban “La ley de los dioses”.

Quizá los acontecimientos de la tierra, gracias a las señales astrales que se relacionaban con los pueblos o con individuos, podrían comprenderse mejor e incluso podrían preverse.

De manera que así nacería lo que hoy conocemos como la astrología, que ya era practicada por los babilonios y los egipcios. La astrología asumió las características que conocemos mediante la interpretación realizada en la cultura griega y helenística, para luego extenderse en el mundo islámico, y por lo tanto al europeo a partir de la Edad Media. En el Renacimiento, período en el que pasó a ocupar el centro de un renovado interés, fue reconocido como ciencia auténtica. Las constelaciones dispuestas en el zodíaco (es decir, el supuesto recorrido del sol en su aparente viaje en torno a la tierra, en el que se mueven también la luna y los planetas) asumieron especial relevancia.

En el ámbito astrológico, el análisis de la posición del sol, de la luna y de los planetas se empleó no sólo con fines astronómicos para construir los calendarios útiles para determinar el ciclo de las estaciones, sino también para definir los rasgos generales de la personalidad de un individuo, las tendencias de su comportamiento a nivel general y su futuro.

La astrología se basaba en un principio plausible y de sentido común si los astros influyen de forma tan evidente en los fenómenos naturales. Los fundamentos naturalistas sobre los que se basaba la astrología empezaron a ponerse en tela de juicio en el siglo XVII, con la llegada de una nueva concepción del universo y de su funcionamiento. Según la teoría de Aristóteles (284-322 a.C.) los planetas giraban en torno a la tierra, gracias al movimiento de las esferas sobre los que estaban engastados, formados de éter, una sustancia cristalina, inalterable e incorruptible. La última esfera, la de las estrellas fijas y por lo tanto, todas las constelaciones

produciendo el movimiento de los cielos. De hecho la imagen del universo, de lo que se apropiaron los cristianos durante el medievo integrándose con las verdades de fe que contenía la biblia, empezó a tambalearse con la teoría heliocéntrica del astrónomo Nicolás Copérnico (1472 – 1543) expuesta en su libro “*De revolutionibus orbium coelestrum*”, publicado el 25 de mayo de 1543, precisamente el día de su muerte.

Sin embargo, la astrología no fue influida por estas novedades del campo científico ya que era independiente de la constitución física del mundo al que hacía referencia.

Las posiciones celestes eran representadas exclusivamente como aparecían vistas desde la tierra. Desde las primeras revelaciones, los hombres se habían dado cuenta del comportamiento de los planetas. Desde el descubrimiento de que el cosmos era más amplio de lo que se creía y de que no existía una estrella fija, hubo una crisis en la astrología. Menciono que el hecho de que las constelaciones no tuvieran una consistencia física y que las estrellas no se hallan en el mismo plano, significa que los signos del zodiaco sólo representaban entidades simbólicas.

Dados los conocimientos que los científicos han aportado a la humanidad con referencia a la astronomía, hubo personajes de la talla de Johannes Kepler, que servían al rey en turno como astrólogos. Pero la astrología por la falta de datos fidedignos y veraces, dejó de ser o, mejor dicho, nunca ha sido una ciencia por la carencia del método científico. En 1815, el filósofo Giacomo Leopardi Recanati (1798-1837), el más destacado del siglo XIX, escribió un ensayo en el que intentó presentar un cuadro de las falsas creencias, de los prejuicios y de las supersticiones del pasado. Dos años antes había redactado “Historia de la astronomía”, en la que había exhibido todas sus creencias y competencias en la materia. Desde el momento en que empezó a cursar sus primeros estudios, Leopardi no mostró una gran importancia por las letras, sino por el análisis del saber científico, que sería esencial en toda su obra y dejaría una descripción clara entre el hombre y la astrología, en donde hizo mención que la relación entre la astrología y la astronomía, que aunque tienen relación con los astros, no tiene relación con la realidad, y por lo tanto, en nuestra vida cotidiana cuando leemos los periódicos

o revistas y buscamos la sección de los horóscopos en cada periódico es distinto.

ALQUIMIA Y QUÍMICA

La idea de la complejidad acerca de la naturaleza y que esta pueda reducirse a unas cuantas sustancias simples, se ha dado en muchas civilizaciones de la antigüedad.

Hay doctrinas fundamentales complejas según las cuales las sustancias materiales deben su origen a las transformaciones de algunos elementos fundamentales, como es el aire, el agua, el fuego, la tierra o también principios específicos como el caso del azufre y el mercurio. En Egipto, en la India y en China, por ejemplo, pueden identificar concepciones relativas o relacionadas con la estructura de la materia desde la aparición de la filosofía griega. De manera que se ha constituido la base de una forma concreta de saber a medio camino entre la ciencia y el arte: la alquimia.

La alquimia siempre se ha caracterizado por un doble valor, material y espiritual. Por una parte, se ha adquirido el papel de actividad dirigida a la mejora de las técnicas relacionadas con la preparación de las piedras preciosas, el tratado de las telas y el labrado de los metales; por la otra, se han concebido como un medio capaz de conducir al ser humano a la regeneración y a la salvación.

Esta duplicidad está representada de forma emblemática en la búsqueda de la llamada piedra filosofal, que es una sustancia dotada de poder para transformar las sustancias como plomo, estaño, cobre, hierro y mercurio, en metales preciosos como oro y plata, y que son capaces de dar al hombre, la inmortalidad. De manera que la llamada piedra filosofal es en ocasiones como el elixir de la vida. Antes de llegar a Europa a mediados del siglo XII, la alquimia alcanzó un gran desarrollo durante la época helenística, entre la cultura bizantina y, sobre todo, en el mundo islámico. En el transcurso de las últimas décadas del siglo XV, la alquimia conoció una época de resurgimiento gracias a la traducción por parte de Marsilio Ficino (1433-1499) del texto “Corpus Hermeticum”, una obra que recogía escritos complicados relacionados con la astrología y otras disciplinas esotéricas, que se creía que contenían

los secretos fundamentales de la religión y de la filosofía. Era un libro considerado antiguo, que se le atribuía al mítico Hermes Trimegisto identificado como Tot, el fundador de la religión egipcia, dios de la sabiduría y de la medicina.

A principios del siglo XVI, la alquimia tuvo una época de gran difusión gracias a Philip Theophrastus Bombast Von Hohenheim (1493-1541), conocido con el nombre de Paracelso, que concibió de estudio de la materia en estrecha vinculación con el saber médico y la preparación de remedios farmacéuticos. Los principios básicos a los que hacía referencia eran el elemento azufre, la sal y el mercurio, conocidos como “Tría prima”. Por Paracelso la alquimia se extendió a las universidades, sobre todo en las distintas facultades de la carrera de Medicina, donde se fundaron los primeros estudios de química.

La química como ciencia no vio la luz hasta el siglo XVIII. Un siglo antes, Georg Ernst Stahl (1659- 1734) superintendente de las religiones mineras de Turingia, intentó llegar a una explicación coherente de los fenómenos relacionados con la combustión y la calcinación, planteando la hipótesis de la existencia de un principio denominado “flogisto”, que era responsable de la inflamabilidad de los cuerpos.

Los químicos del siglo XVII conocían poco las sustancias que hoy en día clasificamos como elementos. Muchas de ellas eran ya conocidas en la antigüedad, como son el cobre, oro, plata, plomo, estaño y hierro entre los metales, carbono y azufre entre los no metales. Otros elementos, como es el caso del zinc, el arsénico, el antimonio y el bismuto fueron descubiertos por alquimistas medievales.

De forma general, después de la revolución científica del siglo XVI, la visión de la materia por parte de los químicos siguió basándose en los cuatro elementos de Aristóteles y los tres principios de Paracelso, que asumen características según la teoría de referencia.

En 1774, otro científico, Joseph Priestley (1733-1804), calentó óxido rojo de mercurio bajo una campana y obtuvo un nuevo gas que tenía la capacidad de mantener la combustión de forma intensa. Se trataba del oxígeno, y Priestley recurre a la teoría de Stahl, llamándolo aire desflogisticado, al carecer de flogisto.

Mientras, Carl Wilhelm Scheele (1742-1786), aislaría el aire de manera distinta llamándolo “aire de fuego”. En el pasado, el azufre había sido definido aire flogistizado y el hidrógeno “aire inflamable”.

Otro científico, Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794), fue el primero que se dio cuenta de que la materia debía ser estudiada de forma distinta. Lavoisier llegaría a comprender la naturaleza de los distintos aires que estaban descubiertos y proporcionó la descripción de la atmósfera, que se trataba de una mezcla de gas formado principalmente por oxígeno y nitrógeno. Posteriormente, demostró que el agua estaba formada por la unión de dos sustancias elementales que denominó “hidrógeno” y “oxígeno”, de los que también fue capaz de determinar las proporciones: 85 partes de oxígeno y 15 partes de nitrógeno. Después de mucho tiempo el agua dejaría de ser un elemento.

La nueva teoría de Lavoisier alcanzó la culminación en dos obras fundamentales e importantes. La primera de ellas dedicada a la reforma de la nomenclatura química fue publicada en el año de 1787 junto con los también científicos Louis- Bernbard Guyton de Moreau (1737-1816), Antoine-François Fourcroy (1755–1809) y Claude-Louis Berthollet (1748-1822). Se establecieron las bases de un nuevo lenguaje para la disciplina, alejada de la confusión terminológica que caracterizaba a los textos alquímicos, en la que una sustancia podía ser designada con diversos nombres. Dos años más tarde, en el año de 1789, antes del estallido de la Revolución Francesa, se publica el texto con el título “El tratado elemental de química”. En esta obra, Lavoisier presentó una tabla de las sustancias simples, designadas de acuerdo con el nuevo lenguaje. Los elementos químicos, por lo tanto, se definían conforme el resultado obtenido de operaciones de laboratorio, analíticas y se fijaban de un modo a priori, como sucedía en la física aristotélica o en la tradición alquímica. Gracias a las investigaciones de Lavoisier, la química realizó grandes avances desde el punto de vista teórica, que llevaron a importantes generalizaciones en el año de 1794, Por ejemplo, Joseph Louis Proust (1759-1826) enunció la ley de las proporciones definidas que dice “en cualquier sustancia compuesta, las cantidades en peso de los componentes se hallan en una

relación definida y constante. Esto contribuyó a la diferencia de compuestos y mezclas.

Homeopatía y medicina

Ahora veamos la relación que existe entre estas dos formas de curar enfermedades. A finales del siglo XVIII, curarse de una enfermedad no era muy agradable, a pesar de que en la revolución científica se realizaron grandes avances del saber en los campos de la anatomía y la fisiología, ya que la práctica clínica no era tan avanzada como lo es hoy.

El diagnóstico de las enfermedades todavía se hacían a través de los humores (sangre, flemas, bilis negra y bilis amarilla).

El objetivo del médico era el restablecimiento del equilibrio del cuerpo humano, eliminando los humores nocivos que se creía eran el origen de la enfermedad. Esto se hacía en forma general, gracias al empleo de prácticas como las sangrías y la administración de purgas, cosméticos y diuréticos.

A finales del siglo, el médico originario de Sajonia, Samuel Hahnemann (1755-1843), creó un método que se alejaba de las prácticas terapéuticas tradicionales.

Su búsqueda tomó impulso tras la lectura de un texto de William Cullen (1710-1790) con el título “Tratado de materia médica”, escrito en 1798, en el que se describen las propiedades de la quina, cuya corteza se utilizaba para el tratamiento de la materia. Como las causas del efecto beneficioso de las plantas no se conocían, Hahnemann decidió observar los efectos de la quina en un individuo sano: el mismo. Comprobó que la sustancia provocaba síntomas muy similares a los de las personas que habían contraído la malaria, fiebre, mareos, debilidad. De manera que dedujo que la quina podía curar la malaria porque provocaba al individuo una enfermedad similar capaz de eliminar la presente.

Para Hahnemann no era necesario estudiar las causas de los trastornos sino que era determinante redactar una lista lo más completa posible de los síntomas provocados por determinadas sustancias en los individuos sanos, con el fin de poderlos utilizar para sanar a los pacientes sanos.

Hahnemann escribió diversos textos, pero su obra más importante de perfil teórico fue el “Organum del arte de curar”, cuya primera edición se publicó en 1810. Al año siguiente el químico Amadeo Avogadro, formuló por primera vez el principio que demostraba que la teoría de Hahnemann se fundamentaba en base que no se ajustaban al perfil científico.

Tras la elaboración por parte de Lavoisier de una tabla de las sustancias elementales, cuyas combinaciones daban origen a la increíble variedad de los compuestos y la formulación de la ley de las proporciones definidas por parte de Proust, John Dalton (1766-1844) planteó la hipótesis según la cual los elementos podían estar constituidos por partículas físicamente indivisibles y no homogéneos, los átomos a cuya diversidad se atribuían las diferentes características de las sustancias. Dalton señala que las relaciones atómicas podían expresarse en proporciones numéricas simples y enteras. Avogadro enlazó la teoría atómica de Dalton con la ley sobre la combinación de los volúmenes gaseosos formulada en 1809 por Joseph Louis-Gay Lussac (1778- 1850). Cuando dos gases reaccionan y el producto de la reacción es gaseosa, los volúmenes del gas reactante y el volumen del gas producido, en las mismas condiciones de temperatura y presión, guardan relaciones entre ellas.

Al cabo de un siglo, el científico Jean-Baptiste Perrín (1870-1942) estableció de manera precisa la llamada constante de Avogadro, que equivale a 6.022×10^{23} . De este modo la llamada “Ley de Avogadro” tuvo diversas aplicaciones. En la práctica un mol contiene un número de partículas igual al valor numérico de la constante de Avogadro. En un procedimiento homeopático, la primera dilución centesimal, el número de moléculas presentes de la sustancia disuelta es igual 6.022×10^{21} , en la undécima dilución 60.22 y en la duodécima 0.6022 (corresponde más o menos al 50 % de probabilidades de que en la solución no haya ni una molécula del producto inicial).

Por otro lado, Hahnemann no conocía el principio de Avogadro y por lo tanto puede comprenderse y justificarse su interpretación errónea si la situamos en un contexto científico de la época.

En el estado actual de la investigación, no hay un estudio reconocido por la comunidad científica que demuestre que la eficacia de la homeopatía sea superior a la de un placebo (significa complaceré). Por algún motivo, la homeopatía no puede ser sufragada por los servicios sanitarios nacionales.

Carl Sagan en su libro “El mundo y sus demonios” (1996), hace mención que la ciencia origina una sensación de prodigio, pero la pseudociencia también. Las polarizaciones dispersas y deficientes de las ciencias dejan unos nichos ecológicos que la pseudociencia se apresura a llenar.

Si se llegara a entender ampliamente que cualquier afirmación de conocimiento exige las pruebas pertinentes para ser aceptada, no habría lugar para la pseudociencia.

Pero en la cultura popular prevalece una “Ley de Gresham”, según la cual, la mala ciencia produce buenos resultados. Los estudios sugieren que cerca del 95 % de americanos son analfabetos científicos. Es exactamente la misma fracción de afroamericanos analfabetos, casi todos esclavos, justo antes de la guerra civil cuando se aplicaban severos castigos a quien enseñaba a leer a un esclavo.

Todas las generaciones se preocupan por la decadencia de los niveles educativos, que es un ejemplo claro que en pleno siglo XXI también en México los gobiernos se contradicen de lo que se quiere como modelo educativo, empezando por las televisiones de cadena abierta, que sólo transmiten en horarios de trabajo los programas culturales, pero en la hora que toda la familia está viendo televisión pasan programas basura como es el caso de telenovelas, que solo entretienen pero no educan.

Para terminar, existen otras razones por las cuales mencionamos que el inventor de esta considerada pseudociencia no tenía los conocimientos de química que se requerían para el desarrollo de la homeopatía, por lo tanto no es posible que con la falta de conocimientos que se tenían se pudiera desarrollar una ciencia de esta naturaleza.



Capítulo 5

La ciencia a través de von de Humboldt y Francis Bacon

Ahora paso a recordar las contribuciones de estos dos personajes. Uno es el caso de von de Humboldt conocido como “el científico viajero” y de Francis Bacon que mencioné en el primer capítulo por su contribución al método científico.

VON DE HUMBOLDT

Nació en Berlín el 14 de septiembre de 1769, donde también fallecería a los noventa años. Interesado en la vida natural llega a la capital francesa en el año de 1804, tras un largo viaje de cinco años por el Sur de América.

De hecho, se menciona que von Humboldt soportó la provocación del general Napoleón. Cuando se encontró con el futuro emperador de los franceses, se dice que Napoleón le tenía a Humboldt envidia por el trabajo que realizaba. Había llegado a Francia desde Filadelfia. En Estados Unidos había sido huésped del presidente Thomas Jefferson. En 1799 junto con el botánico francés Aimé Bonpland, partieron hacia el nuevo mundo desde España, porque allí deberían tener la autorización para su viaje de investigación a través de las colonias. El objetivo de Humboldt y Bonpland consistía en contribuir mediante el estudio comparativo de la flora y de la fauna, la exploración de los ríos y el ascenso a las montañas incluso más elevadas al reconocimiento y el descubrimiento del continente. Ambos científicos reunieron por sí solos más de 60 000 plantas y describieron más de 36 000 nuevas especies. Uno de los logros más espectaculares de la expedición fue la comprobación de la existencia de la bifurcación del río Orinoco.

En 1802, Humboldt logra con un equipo muy precario escalar hasta unos 800 metros de la cumbre de 6 267 metros

del Volcán Chimborazo en el actual Ecuador, que era considerado en Europa como una de las montañas más altas de la Tierra.

Humboldt emprendió viajes de estudio hacia Speyer y Maguncia, que lo llevaron de vuelta a Gottingen, pasando por Colonia y Kassel.

En Maguncia, se encontró con George Foster, que había acompañado al famoso James Cooke en su viaje alrededor del mundo. Humboldt viajó primeramente a Bruselas, Amsterdam e Inglaterra, antes de que ambos visitaran el París revolucionario en 1790.

En 1829 festejaría sus 60 años durante un viaje a Rusia y Siberia, por invitación del gobierno ruso y en compañía del mineralogista Gustav Rose y del zoólogo Gottfried Ehrenberg, llegando hasta la frontera con China.

En 1827 da las famosas conferencias sobre el cosmos, las cuales se incorporan desde el año 1834 en su gran obra que lleva el mismo nombre de cosmos. Este texto contenía, lo que en ese entonces se sabía sobre los fenómenos celestes y sobre toda la vida en la tierra, desde el estudio de las nebulosas hasta la descripción geográfica de los musgos sobre la roca de granito, en una obra que tenía un lenguaje estimulante y deleite del espíritu.

Las conferencias sobre el cosmos gozaron de una gran repercusión. Humboldt pasó toda su vida de científico comparando los depósitos de minerales y señaló las relaciones recíprocas entre plantas y animales.

En el trabajo realizado en torno al cosmos, Humboldt demuestra ser en efecto “el último científico universal” y su particular modernidad radica en que al mismo tiempo se esfuerza por ser un comprometido divulgador científico.

La sensibilidad lingüística y la orientación artística de Humboldt fueron comprendidas y valoradas por su contemporáneo Goethe.

Los estudiosos de nuestra época deben adoptar las ideas de Humboldt, que no solo inventó el concepto de geografía comparada, sino que también supo reconocer cuál es el límite de la contemplación románica de la naturaleza, allí donde intervienen las mediciones exactas y los fundamentos matemáticos. Los esfuerzos de Humboldt por conectar

estos aspectos del quehacer científico con las observaciones integrales de la naturaleza, que tanto agradaban, por ejemplo a Goethe, podrían ser una adherencia para los hombres modernos, a quienes les cuesta tanto esfuerzo consagrarse a la investigación de los principios fundamentales de las ciencias.

Para terminar, Humboldt hace mención que para obtener los frutos antes que las flores, parecería despreciar otros aspectos porque no sanan de inmediato las heridas, abonan los campos o impulsan las ruedas del molino. Se olvidan que las ciencias tienen una meta inferior y se pierde el verdadero interés el afán del conocimiento por el conocimiento.

Las matemáticas no pueden perder su dignidad al ser consideradas un mero objeto de especulación, como inaplicables a la resolución de tareas prácticas, pues todo lo cumplía los límites de nuestro conocimiento y brinda al espíritu nuevos objetos de percepción o nuevas relaciones entre lo que es importante.

Para los científicos modernos, Humboldt descubrió demasiado poco y para los humanistas cambió demasiadas cosas.

FRANCIS BACON

Nació en el seno de una familia de la alta nobleza de la Inglaterra Isabelina. Vino al mundo como hijo de Lord Guardián del Sello, Sir Nicholas Bacon y de su mujer Lady Ann.

Bacon no sólo redactó numerosos trabajos. Su obra principal lleva como título "*Novum Organum*", que apareció en el año de 1620.

Otra obra importante que publicó fue "*New Atlantis*". Estaba dirigido a la vieja Atlántida de Platón. Está relacionada con el mito de esta isla legendaria que miles de años antes se había hundido en el mar. El filósofo griego lamentaba la pérdida de un antiguo ideal ya fallecido, Bacon en cambio, en la nueva Atlántida, cifraba sus esperanzas en un futuro mejor y digno de ser vivido.

Y el "*Novum Organum*" se volvió contra el viejo Organum de Aristóteles en general y su método deductivo en particular. Bacon intentaba fundar la lógica inductiva,

comprender por lo tanto el problema de cómo podemos a partir de muchas observaciones particulares que realizamos resolver un problema.

Desde hace mucho tiempo aceptamos que no existe ningún método sistemático que lleve de un hecho registrado a una hipótesis o una suposición y que todas las leyes son, en mayor o menor medida, creaciones libres de la fantasía. Bacon albergaba aún otras esperanzas y buscaba al menos un camino real o un método confiable que condujese al entendimiento de las leyes de la naturaleza. Bacon llegó, por ejemplo, a través del método de la lógica inductiva a la idea fundamental y actualmente aceptada de que el calor puede ser entendido como movimiento.

En otras palabras, Bacon ordena y clasifica el material que es necesario analizar. En el ejemplo que se ha escogido sobre el calor, hay veinte posibilidades que van desde los rayos del sol hasta el efecto de los condimentos picantes en la boca.

En la segunda tabla se encuentran las cosas que sugieren la presencia de calor, pero en los que la propiedad del calor en sí misma no se encuentra presente. Como por ejemplo, se encuentran los rayos de la luna y la incapacidad de los líquidos de mantenerse mucho tiempo calientes.

En una tercera tabla, se comparan entre sí distintas cosas relacionadas con el tema del calor, pero ahora por ejemplo, los peces que son fríos con los pájaros que son calientes o también materia en descomposición con estiércol de caballo. La intuición que tiene Bacon, no consiste sino en negativos.

Bacon establece mucho antes que Popper, la exigencia de proceder exclusivamente con el caso negativo y sólo en último lugar, después de haber excluido todo lo que resulta cuestionable pasar a lo afirmativo.

En cuanto al calor, Bacon construye como paso previo a la inducción una cuarta tabla en la que anota casos o exclusiones que son rechazados por la forma de lo caliente. Observa por ejemplo, que todos los materiales pueden calentarse y que ninguna materia puede ser responsable de ese fenómeno, y establece además que el calor no existe por sí solo en la naturaleza, puesto que puede producirse mediante fricción de los cuerpos. Y una vez realizado este trabajo, viene el paso

científico importante, que requiere de determinar la hipótesis. Finalmente, sostiene que el calor es una forma especial de movimiento.

Naturalmente, en esa primera cosecha puede llegarse a hipótesis falsas, pero estas saltan a la vista, que se remite constantemente a la observación, orientándose mediante la experimentación y Bacon recomienda este procedimiento. También puede restablecerse de manera paralela muchas hipótesis y luego llegar a una decisión entre ellos.

Veamos un ejemplo. A partir de esta idea se desarrolla nuestro concepto moderno del que se conoce como “*experimentum crucis*” que se menciona en la actualidad en las clases de ciencias.

Un experimento famoso que logró determinar si las mutaciones genéticas de las bacterias surgían de manera fortuita o eran influenciados y operadas por circunstancias externas fue realizado, por ejemplo, por los científicos Max Delbrick y Salvador Luria durante la segunda guerra mundial.

En algún sentido, Francis Bacon se encuentra entre dos épocas, el Renacimiento y la Edad Moderna, y entre dos disciplinas, como filósofo y como investigador científico.

También ocupa el lugar de un político que se debate entre las exigencias de la ciencia y los intereses de la opinión pública, como hoy en día se dice.

Bacon es el primer filósofo que ve con claridad la vida cotidiana, que tanto la vida cotidiana como muestra la historia e influenciados por la ciencia. Bacon ve este fenómeno en los ejemplos de la imprenta, brújula y la artillería y se asombra del cambio que estos tres objetos han provocado en el mundo.

El núcleo de su idea radica en la convicción de que debe existir una investigación pública coordinada que garantice el bienestar del ser humano y consiste en el anhelo de que la ciencia beneficie a todos y no perjudique a nadie.

De manera general, el método de Bacon se ha perfeccionado de forma considerable y desde ese entonces algo como sigue:

- 1.- Eliminar prejuicios
- 2.- Hacer muchas observaciones relevantes
- 3.- Con base a observaciones elaborar una hipótesis

- 4.- Realizar una predicción basada en la hipótesis
- 5.- Si el experimento parece probar la hipótesis, realizar predicciones y llevar a cabo experimentos para probarlos y así sucesivamente

Para terminar, Bacon no fue la primera persona en promover una manera científica de descubrir la verdad sobre el universo. Entre sus contemporáneos están William Harvey y Galileo Galilei, quienes se dedicaron a la observación y a la experimentación como una forma de hacer ciencia.



Capítulo 6

La observación espacial de la tierra

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

El 17 de junio de 1861, durante la guerra de secesión estadounidense, el presidente Abraham Lincoln fue testigo del despegue del globo Enterprise.

A bordo, su propietario Thaddeus Lowe observaba todo lo que sucedía en un rango de ochenta kilómetros a la redonda e informaba al propio presidente mediante un telegrama. Un mes después se desencadenó la primera gran batalla de la guerra y a los pocos días, Lowe recibió la orden de construir una flota de globos aerostáticos para reconocimiento militar.

La ascensión de Lowe no fue la primera vez en que se utilizaron globos en el campo de batalla, pero podemos considerarla como el primer esfuerzo metódico por establecer un sistema de observación aérea. En décadas posteriores las principales naciones crearon globos, a los que en ese momento se unieron aviones a hélice.

Los ejércitos que libraron guerras en el siglo XX incorporaron la observación desde el cielo de forma tan habitual como es el caso de la artillería o los tanques y en nuestros días uno de los primeros actos en una batalla consiste en cegar los sistemas de vigilancia del adversario. De hecho, actualmente los beneficios de espiar desde el cielo fueron aplicables al sector civil.

Las plataformas aéreas son capaces de fotografiar zonas en la superficie terrestre para regular actividades pesqueras y agrícolas, explorar regiones remotas en busca de recursos petrolíferas y minerales, también vigilar los riesgos naturales como es el caso de terremotos o incendios forestales, ayudar en la predicción meteorológica, regular el tráfico terrestre, marítimo y aéreo. Con el advenimiento de la era espacial, la

observación de la tierra comenzó a convertirse en una actividad permanente y global.

En lugar de limitar el reconocimiento del terreno a unas pocas horas o días, los satélites permiten espiar la superficie terrestre durante años y a una altura superior a la de una capa de nubes y sin detenerse por fronteras naturales o políticas.

En diciembre del año 1986, la Asamblea General de las Naciones Unidas definió la teledetección como la detección de la superficie de la tierra desde el espacio mediante el uso de propiedades de las ondas electromagnéticas emitidas, reflejadas o difractadas por los objetos detectados y el reconocimiento de una actividad que promueve la protección del medio ambiente. Además ayuda a proteger a la humanidad frente a desastres naturales y en consecuencia desarrollado para fines pacíficos y compartida por todas las naciones del mundo.

La teledetección va más allá del estudio fotográfico y proporciona información adicional mediante el análisis de la energía que emiten cuando sus electrones saltan de un nivel a otro. La longitud de onda de la radiación emitida depende de la diferencia de energía entre núcleos y esta depende a su vez de la composición química; el análisis espectroscópico permite identificar la sustancia emisora.

Los astrofísicos recuerdan una anécdota de Auguste Comte. Este filósofo de origen francés afirmó en 1835 que nunca podríamos determinar la composición química de las estrellas. Pocas décadas después el análisis de la luz del Sol permitió no sólo averiguar su composición sino hallar un nuevo elemento químico desconocido hasta entonces, el helio.

OBSERVACIONES DESDE EL ESPACIO

El espectrómetro analiza la radiación en busca de los rasgos característicos de los distintos elementos y compuestos químicos que la generaron. Cuando se obtienen medidas a varias longitudes de ondas se denomina multi-espectrómetro. También analiza un pulso de ondas de radio o microondas reflejado por una superficie o un objeto y permite determinar su distancia.

Por otro lado, las interacciones que dan lugar al cambio climático son complejas y están fuertemente influidas por muchos factores. Un aumento global de la temperatura, por ejemplo, provocará un mayor influjo de agua dulce al mar debido a las precipitaciones y a la fusión de los glaciares, esto a su vez, influirá en forma negativa en los patrones de circulación del agua de los océanos, con el resultado de que la temperatura en el Atlántico Norte y el continente europeo caerían drásticamente.

Una imagen del cambio climático de nuestro planeta acerca de los tres elementos fundamentales que la dirigen: energía, gases y aerosoles.

Por ejemplo, la energía proveniente del sol, aunque es estable en el transcurso del tiempo, sufre fluctuaciones debido a las manchas solares. Como se ha mencionado solo bastan ocho minutos después de abandonar la superficie solar para que la energía llegue a la tierra, interaccione con el terreno, agua, aire y parte de ello vuelve en forma de radiación infrarroja.

Las erupciones de masa coronal pueden afectar a los dispositivos electrónicos e interrumpir el suministro eléctrico y algún día acabar con nuestra civilización tecnológica.

La NASA y la ESA (Agencia Espacial Europea) dieron el primer paso con el programa ISEE, un trío de satélites lanzados en el año de 1977, para estudiar la interacción entre el campo magnético terrestre y el llamado viento, un tenue flujo de partículas procedentes del sol. Dos de las naves se situaron en órbita terrestre, mientras que una tercera se adelantó un millón y medio de kilómetros, interponiéndose entre la Tierra y el Sol.

Durante casi diez años permanecieron de guardia, midiendo las condiciones de la magnetosfera terrestre y examinando los movimientos de partículas y plasma del espacio.

En 1994, la NASA envió la sonda WIND al mismo lugar de patrulla de la ISEE-3 y tanto esta agencia espacial como otras continuaron la labor de la vigilancia solar.

La lista de dispositivos espaciales que ejercen como vigilantes del sol constituye en sí una deducción del grado en que los seres humanos se preocupan por la estabilidad de la estrella bajo la que viven:

- 1.- SMS (NASA): estudia el Sol en longitudes de onda ultravioleta, rayos x y gamma, en una época de fuerte actividad solar
- 2.- ULYSSES (NASA y ESA): se valió del campo gravitatorio del planeta Júpiter para elevarse por encima del plano de la eclíptica y observar el sol, por sus polos norte y sur
- 3.- GEOTAIL (Japón): estudió la magnetosfera solar.
- 4.- SOHD (NASA /ESA): examinó la estructura interna del Sol y su extensa atmósfera.
- 5.- TRACE (NASA): proporcionó detalles precisos sobre la corona solar.
- 6.- CLUSTER (NASA / ESA) y DOUBLE STAR (ESA/ China) se desplegaron para investigar la interacción entre el viento solar y el campo magnético terrestre.
- 7.- GÉNESIS (NASA): recuperó muestras del viento solar para su análisis.
- 8.- G HESSI (NASA): vigila el sol en busca de las llamadas manchas solares.
- 9.- STEREO (NASA): por sus dos órbitas proporciona una visión estereoscópica de las abyecciones de masa coronal.

Los gases como son el dióxido de carbono y el metano suelen conocerse como “gases de efecto invernadero”, porque actúan de forma análoga a los cristales de un invernadero, frenando la emisión de luz infrarroja y calentando la superficie.

El dióxido de carbono se encuentra presente en la atmósfera terrestre de modo natural y sin su presencia, la temperatura media de la Tierra sería de -20°C . Las actividades antropogénicas han aumentando la cantidad de CO_2 en la atmósfera en casi un 50 % y el calentamiento extra resultante incrementa la cantidad de energía puesta en juego en fenómenos meteorológicos como huracanes y tamaños, aumentando la severidad de las sequías e inundaciones, contribuyendo a que la cuestión de una variabilidad climática extrema se siga dando.

De manera que el estudio de las concentraciones de CO_2 en la atmósfera puede realizarse mediante observatorios en tierra, pero solo desde la órbita terrestre se puede tener una visión global de la distribución de ese gas en las diversas regiones de la tierra a varias alturas y de forma constante. La

clave consiste en medir la huella que deja el CO_2 , al interactuar con la luz incidente del sol.

Para conseguirlo, la NASA construyó el satélite OCO (Orbiting Carbon Observatory). A bordo iba un solo instrumento, un espectrómetro de alta resolución sensible a tres longitudes de onda en el infrarrojo cercano que son absorbidas por las moléculas de dióxido de carbono y de oxígeno. Midiendo cuidadosamente la luz absorbida por esas sustancias se puede determinar su ubicación y concentración.

Se esperaba que OCO contribuyera a la comprensión de la dinámica del CO_2 global, pero un fallo durante el lanzamiento en el año 2009, le impidió cumplir su misión.

Su sustituto OCO-2 fue puesto en órbita en el año 2014, y para reemplazarlo cuando falle la NASA aprovechó sus piezas de repuesto y construyó el OCO-3, que será instalado en la Estación Espacial Internacional (EEL). El satélite japonés SOSAT, lanzado un mes antes que OCO, no solo mide las concentraciones de dióxido de carbono sino también las de metano, otro gas de efecto invernadero. Estas plataformas espaciales ayudarán a aclarar algunas de las incógnitas del efecto invernadero. Según la mitad del CO_2 emitido por las actividades humanas no se queda en la atmósfera, la pregunta que nos hacemos es ¿A dónde vamos a parar?

Los aerosoles son partículas muy pequeñas (inferiores a una milésima de milímetro) suspendidas en el aire, como polvo y humo. Algunos aerosoles son producidos de forma natural por la naturaleza, como erupciones volcánicas o episodios de clima (polvo del desierto), en tanto que otros son generados por el hombre, fundamentalmente a partir de la combustión de materiales fósiles.

Los efectos de los aerosoles en el clima son diversos, ya que algunos tienden a reflejar luz y provoca una disminución de la temperatura, en tanto otros hacen justo lo contrario.

La detección de los aerosoles es algo diferente a la de los gases de efecto invernadero, ya que se trata de partículas mucho mayores que una molécula y pueda tener una composición muy diversa, según silicatos de una erupción volcánica, cristales salinas del océano o residuos de la combustión.

Es habitual que los instrumentos detectores de aerosoles formen parte de un satélite que mida otros parámetros

de interés climático, como es el caso de la concentración de vapor de agua o la distribución de nubes. Por ejemplo, el satélite Aura, además de medir aerosoles, puede detectar por sí mismo la presencia de gases de efecto invernadero, medir los niveles de ozono, vapor de agua y otros gases y también en proporcionar mapas de alta resolución.

Dentro de las mejoras a este método de observación basada en la dispersión de la luz solar consiste en crear iluminación a medida por medio de un láser de longitud de onda, intensidad y polarización conocidas.

Se puede trabajar en la eficacia de la caracterización de los aerosoles y aunque se emplean sobre todo en estaciones de tierra. También hay algunas en órbita como es el caso del instrumento CATS, que desde el año 2015 proporciona perfiles de aerosoles y nubes a bordo de la Estación Espacial Internacional.

Por otro lado, la predicción del tiempo es una actividad muy antigua, como es vital la supervivencia de las civilizaciones humanas.

Saber qué es lo que pasa sirve para planificar los periodos agrícolas y ganaderos, por eso la predicción meteorológica se convirtió en una tarea de interés para los gobiernos.

Con el advenimiento y desarrollo de la ciencia, los adivinos y los chamanes dieron paso a las pronosticaciones científicas. Antes incluso de que nacieran los Estados Unidos, el científico y político Benjamín Franklin, publicaba el almanaque del pobre Richard, que incluía predicciones meteorológicas. Un siglo después, en el año de 1850, el astrólogo español Mariano Castillo y Ocsiero comienza la publicación del famoso calendario Zaragozano, tan popular entre los hombres del campo que hasta el día de hoy se sigue utilizando. Las predicciones meteorológicas pueden carecer de validez científica.

Dos han sido las dificultades que tradicionalmente nos sirven para conocer el tiempo futuro. La primera de ellas es de índole climática, son sencillas en su descripción que deben ser resueltas para una enorme cantidad de lugares e instantes de tiempo, además la atmósfera es un sistema caótico, lo que significa que una mínima variación en las condiciones iniciales, influye notablemente en las predicciones.

Lo que nos lleva al segundo problema: la obtención de datos experimentales precisos. No se puede predecir el tiempo sin conocer las condiciones iniciales de presión, temperatura, humedad y otras variables tanto en la región de interés como en las zonas circundantes de hecho, en todo el planeta. Significa que la predicción del tiempo, con carácter local, debe efectuarse a escala global a diversas alturas de la atmósfera, de forma rápida y fiable.

Las capacidades de los satélites meteorológicos han aumentado con los años. El primero de ellos fue el norteamericano TIROS-1. Fue lanzado en el mes de abril del año 1960 y operó con dos sencillas cámaras fotográficas durante 78 días.

Los satélites de la serie MSG (Meteosat Segunda Generación) disponen de dos medidores de radiación solar en luz visible e infrarrojos, así como de un sistema de imágenes multicanal capaz de facilitar información sobre características tanto de las capas nubosas como de la superficie (zonas sometidas a incendios forestales, concentraciones de vegetación, de nieve, hielo, humedad, biomasa y del aire (contenido de vapor de agua, cenizas volcánicas, viento, precipitaciones, ozono), pueden incluso participar en programas de búsqueda y rescate coordinado el envío de mensajes de socorro.

Durante el siglo XX la aplicación de las leyes de la física a las masas de agua y aire permitió una predicción del tiempo cada vez más precisa.

Por otra parte, los satélites meteorológicos complementan el trabajo de las estaciones en tierra para el seguimiento de huracanes y ciclones, permitiendo estimar su trayectoria y establecer medidas de prevención y evacuación.

En los últimos veinte años se ha desarrollado una técnica llamada dispersometría, que consiste en estudiar las ondas de radio, reflejadas por la superficie del océano para deducir la velocidad del viento sobre el mar.

En diciembre del año 2016, la NASA puso en órbita CYGNSS, un sistema de ocho microsátélites de apenas medio metro de longitud y treinta kilogramos de masa cada uno.

La órbita permite sondear nuestro planeta de muchas formas para recabar información. Su pequeño tamaño se consiguió gracias a que en lugar de tener emisiones de ondas

de radio propias, utilizan las señales del sistema de localización por satélite GPS.

La órbita baja permite sondear nuestro planeta de muchas formas para recabar información, por ejemplo, analizando su gravedad. Aunque la tierra puede considerarse como una esfera homogénea a efectos de calcular su movimiento alrededor del sol, dista mucho en serlo.

La gravimetría de presión puede realizarse desde el espacio. La clave consiste en observar las pequeñas variaciones de altitud en la órbita de un satélite tenderá acercarse a la superficie terrestre cuando pase cerca de una zona masiva como una cordillera y a alejarse cuando se encuentre sobre el mar. Con este fin la NASA y el centro Aeroespacial alemán, lanzando en el año 2002, la misión GRACE, consistente en una pareja de satélites cuyo movimiento a lo largo de la órbita permitió cartografiar el campo gravitatorio de la tierra con gran precisión, otra sonda llamada GOCE, de la ESA realizando tareas similares entre 2009 y 2013.

Los sondeos de GRACE han permitido determinar que al menos un tercio de los grandes acuíferos subterráneos de la tierra están sobreexplotados más allá de sus posibilidades de regeneración actual. Para terminar podemos decir que el desarrollo de sondas espaciales, han servido para poder cuantificar y a la vez determinar las causas de algunos fenómenos naturales y ser vistos desde el espacio.



Capítulo 7

La ciencia de Leonardo da Vinci

RECORDANDO A LEONARDO DA VINCI

El pasado año 2019 se conmemoraron los 500 años de la muerte del pintor y científico Leonardo da Vinci. El objetivo de este capítulo es conocer sobre las contribuciones a la ciencia de Leonardo y apreciar su trabajo en el oficio de la pintura.

Para apreciar la ciencia de Leonardo, es importante comprender el contexto cultural e intelectual en el que fue creada. Las ideas griegas de filosofía y ciencia sobre las que se basaba la visión renacentista del mundo eran conocimientos antiguos. Para Leonardo y sus contemporáneos se trataba de ideas nuevas y estimulantes, porque en su mayor parte habían estado perdidas durante siglos. Se acababan de descubrir en los textos griegos originales y en traducciones árabes.

Cuando los humanistas italianos estudiaron una variedad de textos clásicos y sus elaboraciones y críticas árabes, el renacimiento redescubrió al mismo tiempo los clásicos y el pensamiento crítico. Durante la Alta Edad Media, siglos VI al siglo X d.C., conocido también como los tiempos oscuros, la literatura, la filosofía y las ciencias griegas y romanas quedaban olvidados en Europa Occidental. Pero los textos antiguos se habían presentado en el Imperio Bizantino, junto con el conocimiento del griego clásico.

Leonardo fue la figura más importante del intento de adoptar la filosofía de Aristóteles a las enseñanzas intelectuales de la Edad Media. Mencionaba además que no podía haber conflicto entre fe y razón, ya que los libros “La Biblia” y el “libro de la naturaleza”, respectivamente, derivan por igual de la autoridad divina. Entre los cambios intelectuales que tuvieron lugar en el Renacimiento y prepararon el camino

para la Revolución científica estuvo el progreso tecnológico que cambió la imagen de la tierra: la invención de la imprenta. Este avance fundamental, más o menos contemporáneo del nacimiento de Leonardo, comprende en realidad dos invenciones, como son la topografía y la del grabado. En conjunto estas invenciones constituyen la verdadera línea entre la Edad Media y el Renacimiento.

La Imprenta introdujo dos cambios fundamentales en la distribución de textos, rapidez en la difusión y estandarización. Ambos son importantes para la propagación de ideas científicas y tecnológicas. Después de que Johannes Gutenberg imprimiera la Biblia de 42 líneas en alrededor de cien impresores de Europa, Leonardo ya era consciente de estas ventajas de la imprenta, demostrando interés en estos procesos tecnológicos.

ETAPA DEL RENACIMIENTO

La etapa del Renacimiento también tuvo que ser la era de la exploración y Leonardo tuvo interés en ello. También los conocimientos en medicina y anatomía tuvieron un desarrollo especial, los astrónomos y la ciencia en general.

El método científico tuvo en su primer precursor al físico italiano Galileo Galilei obtenido de un conocimiento acerca de fenómenos naturales, a partir de la observación sistemática. Las ciencias que ocupan el método científico son: la física, la química, la biología, la astronomía y la paleontología. A Galileo Galilei se le considera el “Padre del método científico”, ya que durante la Edad Media, el llamado “conocimiento empírico” era el principal contribuyente al desarrollo teórico de los conocimientos de la época.

Años antes de que el método científico fuera reconocido y formalmente descrito por filósofos y científicos, Leonardo D’Vinci desarrolló y práctico sus características esenciales, el estudio de la literatura disponible, las observaciones sistemáticas, la experimentación, las mediciones cuidadosas y repetidas, la formulación de modelos teóricos y los inventos de las generalizaciones matemáticas.

El método de Leonardo, salió a la luz en toda su amplitud, de manera que los manuscritos antiguos, la paleografía, se desarrollaron al punto de ser una ciencia sofisticada.

Leonardo comentará posteriormente que debía realizar se un buen experimento e insistía en la necesidad de realizar repeticiones y variaciones.

Se conoce a Leonardo capaz de diseñar ingeniosos experimentos con los medios más simples. Por ejemplo, unos granos de mijo o unas espigas secas y arrojadas a la corriente de agua, le ayudaron a visualizar y dibujar las formas de las líneas de flujo; unos flotadores especialmente diseñados, suspendidos o diferentes a profundidad en el curso de un río, le permitían medir la velocidad del agua a distintos niveles y a diferentes distancias de las orillas. Construyó cámaras de vidrio con la base cubierta de arena y las paredes posteriores pintadas de negro para observar delicados detalles de los movimientos del agua en un marco controlado de laboratorio.

Leonardo tuvo que inventar y diseñar la mayoría de sus instrumentos de medición. Entre estos se hallaban un aparato para medir la velocidad del viento, un higrómetro para medir la humedad del aire y varios tipos de cuentakilómetros para medir las distancias que recorría en los viajes.

Cuando Leonardo inspeccionaba el teorema se ataba un péndulo al muslo, que movía los dientes de una rueda para contar el número de pasos.

En otras ocasiones utilizaba un carro con una rueda dentada, diseñada para que avanzara un diente cada diez espacios recorridos alrededor de seis metros, hasta que al llegar a los 1600 metros (una milla), un guijarro caía de un modo audible en un recipiente de metal. Además, hizo muchos inventos para mejorar los mecanismos de relojería para medir el tiempo, que en su época se hallaban todavía en pañales. En sus observaciones y experimentos científicos, Leonardo mostró la misma paciencia y la atención al detalle, característica de su condición de pintor. Esto resulta prácticamente evidente de su investigación anatómica. Por ejemplo, en una disección vertió cera en las cavidades del cerebro, conocidas como ventrículos cerebrales para determinar su forma.

Leonardo registró los resultados de sus observaciones y experimentos, sus modelos teóricos y sus reflexiones filosóficas en notas que ocupan miles de páginas.

Por otro lado, a Leonardo le fascinaba el agua en todas sus manifestaciones. Reconocía su papel fundamental como medio de la vida, como matriz de todas las formas orgánicas. Como Ingeniero, Leonardo trabajó ampliamente en programas de canalización, inmigración, drenaje de marismas y usos de la energía hidráulica para bombear, moler y serrar.

Al igual que otros destacados ingenieros del Renacimiento, estaba muy familiarizado con todos sus efectos del agua. Sus exámenes y sus dibujos de las corrientes de los ríos, los remolinos y los vórtices en espiral, son como lo que se producen en una bañera que forman en el centro un espacio vacío o embudo.

Leonardo produjo diversos y elaborados dibujos de modelos de turbulencia complicada a causa de la colocación de diversos obstáculos en el flujo acuático.

De hecho, Leonardo cada vez que exploraba las formas de la naturaleza en el macrocosmos buscaba también semejanzas de modelos y procesos en el cuerpo humano.

Leonardo nunca concibió el cuerpo humano como una máquina. Sin embargo, reconoció con toda claridad que la anatomía de los animales y de los seres humanos implica funciones mecánicas. De hecho para investigar la mecánica de los músculos, los tendones y los huesos, Leonardo se sumergía en un largo estudio de la ciencia de los pesos, hoy conocido como estática, relacionada con el análisis de carga y fuerzas en los sistemas físicos en equilibrio estático, como la balanza, las palancas y las poleas.

Leonardo asimiló las ideas de los textos mejores y originales, muchos de cuyos postulados comentó en sus cuadernos de notas. Verificó experimentalmente y refutó ciertas pruebas incorrectas. La ley clásica de la palanca, aparece repetidamente en sus cuadernos de notas. En el Códice Atlántico, por ejemplo, Leonardo afirma: “La proporción entre los pesos que mantienen los brazos de la balanza paralelas al horizonte es la misma que la de los brazos, pero inversa”.

Leonardo aplicó esta ley para calcular las fuerzas y las pesas necesarias para establecer equilibrios en numerosos

sistemas simples y compuestos que incorporan balanzas, palancas, poleas y varas que colgaban de cuerdas.

Leonardo no sólo aplicó la ley de la palanca a situaciones en las que las fuerzas actúan perpendicularmente a los brazos de la palanca, sino también a fuerzas que lo hacían con otros ángulos. El Códice Arendal y el Manuscrito E contienen numerosos diagramas de diversa complejidad, con pesos que ejercen fuerzas en diferentes ángulos mediante cuerdas y poleas. El descubrimiento de Leonardo del principio según el cual para que un sistema se encuentre en equilibrio estático, la suma de los momentos respecto de cualquier punto debe ser igual al acero, en su contribución más original a la estática.

Leonardo no aplicaba los conocimientos de mecánica únicamente a sus investigaciones de los movimientos del cuerpo humano, sino también a sus estudios de las máquinas.

Leonardo fue el primero en aislar mecanismos individuales de las máquinas que estaban incorporadas. Entre las innovaciones de Leonardo, también nos encontramos la conversión del movimiento de rotación de una manivela en un movimiento rectilíneo hacia atrás y hacia adelante, que era utilizado, por ejemplo, en procesos de fabricación automática.

En el renacimiento, las grúas, los órganos y otras grandes máquinas eran de madera, de modo que la fricción entre sus puntos móviles era un problema importante. Leonardo inventó numerosos y sofisticados mecanismos para reducir la fricción y el desgaste, incluso sistemas de lubricación automática, cojinetes aceptables y distintos tipos de rodamientos: esferas, cilindros como truncados, etc.

Todos los grandes ingenieros del Renacimiento eran conscientes de los efectos de la fricción, que está determinada por tres factores: asperezas de las superficies, el peso del objeto y el grado de inclinación del plano.

Las características de Leonardo han sido plenamente confirmadas por la mecánica moderna. Hoy en día, la fuerza de fricción se define como el producto del coeficiente de fricción y la fuerza perpendicular a la superficie de contacto.

Los estudios de Leonardo de la transmisión de la energía lo llevaron a investigar la creencia medieval según la cual era

posible producir energía mediante máquinas de movimiento perpetuo. Diseñó múltiples mecanismos para mantener al agua en movimiento continuo por medio de diversos sistemas de retroalimentación.

Leonardo aplicó su interés por la fricción a sus exhaustivos estudios de la mecánica de fluidos. El Códice Madrid contiene detallados registros de sus investigaciones y análisis acerca de la resistencia del agua y el aire a los cuerpos sólidos y también acerca del movimiento del agua y el fuego en el aire.

CONTRIBUCIONES A LA CIENCIA DE LEONARDO

El primer período de intensa investigación de Leonardo sobre las máquinas se inicia a comienzos de la última década del siglo XV, diez años después de su llegada a Milán. Sus experimentos correspondientes a este período combinaban la mecánica y la anatomía del cuerpo humano. Leonardo advirtió que el aire debajo de las alas del pájaro es comprimido por el vigoroso movimiento de estos hacia abajo.

Observó cómo las olas al chocar con el aire sostienen a la pesada águila en el tenue aire de las alturas. Anotó en el Códice Atlántico: “Tanto es la fuerza que ejerce contra el objeto”. La observación de Leonardo fue retomada doscientos años después por el físico Isaac Newton y a partir de entonces se le conoce como “Tercera ley de Newton o la ley de la acción o reacción”.

Los resultados de estas investigaciones fueron las llamadas naves voladoras de Leonardo, su primer diseño de una máquina de volar. En esos años, Leonardo diseñó una serie de máquinas para volar mucho más realistas, en las que el piloto se coloca horizontalmente. Los modelos o dibujos en el manuscrito B y en el Códice Atlántico son los diseños de una serie de máquinas de vuelo más sofisticadas que salieron de la mano de Leonardo, base de los diversos modelos contruidos por ingenieros modernos.

De hecho, el primer modelo que desarrolló Leonardo fue con el material que se disponía en el Renacimiento. De manera que Leonardo se convencía de que no lograría la relación potencia (peso necesario para un vuelo exitoso). Diez años

después de sus experimentos en máquinas de volar en Milán, inició otro intenso período de investigación en Florencia, durante el cual realizó cuidadosas y metódicas observaciones de pájaros en vuelo, incluso de los más refinados detalles anatómicos y aerodinámicos. Durante los últimos años en Florencia empezó a experimentar diseños de máquinas de volar con alas fijas, a semejanza de las modernas alas delta.

Sobre la base de estos diseños, recientemente ingeniosos británicos construyeron un planeador y lo pusieron a prueba con éxito en un vuelo desde los acantilados de caliza del Sudeste de Inglaterra, conocidos como Sussex Downs. Con el planeador de Leonardo, empezaron los primeros inventos de los hermanos Wright en el año 1900.

Otro de los temas de interés de Leonardo fue el estudio de la naturaleza de la vida. Los cuidadosos y pacientes estudios de Leonardo de los movimientos del corazón y del flujo sanguíneo que realiza en la vejez son la culminación de su obra anatómica. Leonardo no concebía el cuerpo como una máquina, su principal preocupación no era el transporte mecánico de la sangre, sino los problemas que él consideraba gemelos, de cómo esas acciones producían “espíritus vitales” que nos mantienen vivos. Aunque la noción antigua de espíritus vitales es el resultado de una mezcla de sangre y aire, sí se entiende esta mezcla como sangre oxigenada. Es correcta y desarrolló una ingeniosa teoría para resolver ambos problemas.

Desde la total ausencia de conocimiento de química, cuando Leonardo intentó explicar la mezcla de sangre y aire, así como la temperatura corporal. Utilizando su experiencia en materia de flujos turbulentos de agua y aire y del papel de la fricción. Leonardo se equivocó en algunos detalles decisivos acerca de los mecanismos de circulación de la sangre, que Harvey descubriría cien años después y sin tener todavía la química a su disposición, no pudo explicar el intercambio de oxígeno entre la sangre y los tejidos de los pulmones y el cuerpo.

Para terminar esta parte, Leonardo era consciente del papel de las matemáticas en la formulación de las ideas y en el registro y evaluación de los experimentos. De manera que al igual que las matemáticas de la época, Leonardo usaba

a menudo figuras geométricas para representar diagramas y dibujos del tema que estudiaba en esos momentos.

De hecho, Leonardo practicó también un enfoque matemático más formal para poder representar las formas de la naturaleza. Lo que Leonardo encontraba especialmente atractivo de la geometría era su capacidad para tratar variables continuas. Las observaciones de Leonardo en materia de óptica, incluyen también observaciones de los cuerpos celestes, especialmente en el sol y la luna. Conoció bien el sistema ptolemaico acerca del movimiento planetario, pero sus propios estudios se ocupaban exclusivamente del modo en que los cuerpos celestes presentan al ojo humano y de la propagación de la luz de un cuerpo a otro. Leonardo trató de calcular la altura del sol a partir de dos ángulos diferentes de elevación y el tamaño del mismo por comparación con su imagen en una cámara oscura, pero mucho más le interesaba la transmisión de la luz entre cuerpos celestes.

Estaba familiarizado con la división antigua entre un dominio celeste, con la que otros cuerpos perfectos se mueven de acuerdo con leyes matemáticas precisas e inmutables y un dominio terrenal en el que los fenómenos naturales son complejos, siempre cambiantes e imperfectos.

Convencido de que la luna no es un cuerpo luminoso por sí mismo, sino que refleja la luz del sol. Leonardo prosiguió con el argumento de que no podía ser una esfera perfecta, pues no muestra una gran luz brillante y circular como dos bolas colocadas sobre edificios altos. También argumenta que en el mar lunar sólo podría haber olas si el aire agitaba la superficie de sus aguas y de aquí extrajo la conclusión de que la luna al igual que la tierra tiene su propio conjunto de cuatro elementos.

Leonardo señaló que la luz del sol reflejada en las aguas del mar debe transmitirse en la dirección opuesta, es decir, de la tierra a la luna.

A quinientos años de su fallecimiento, las contribuciones de Leonardo da Vinci siguen vigentes para el futuro de la humanidad.



Capítulo 8

La visión de Frank Drake

En el año de 1961 tuvo lugar la presentación del llamado Proyecto Ozma. Pero J. P. T. Peaman, de la Academia de Ciencias de los Estados Unidos, se acercaría al astrónomo y astrofísico Frank Drake para proponer organizar una serie de conferencias bautizadas con el nombre de SETI, en donde se expondrían propuestas razonables para detectar con éxito civilizaciones en otras estrellas en otros mundos.

Una serie de conferencias se realizarían entre los días 1 y 3 de noviembre de ese año. Una de ellas se llamaría Conferencia Green Bank, a la cual asistiría el químico Harold Urey y el biólogo Joshua Lederberg, que habían recibido la presea en sus respectivos campos. Urey por el descubrimiento del deuterio un isótopo más pesado que el hidrógeno, y Lederberg por su descubrimiento de que las bacterias podían aparearse e intercambiar material genético. Ambos científicos eran practicantes en el campo de la astrobiología una rama de la ciencia que el día de hoy se ha ido desarrollando.

Otros invitados fueron el químico Melvin Calvin, premio Nobel por el descubrimiento de los caminos químicos subyacentes a la fotosíntesis. Otros asistentes, el físico Philip Morrison, coautor en 1959 que defendía el proyecto SETI; también el astrónomo norteamericano nacido en Rusia Otto Strove, director del observatorio Green Bank. El más joven de los invitados que en ese entonces contaba con veintisiete años fue Carl Sagan, quien fuera invitado por Lederberg, uno de sus mentores. A Drake le tocaría organizar la agenda de las conferencias. Pero unos días antes, sentado en su escritorio con lápiz y papel, trataba de clasificar todas las piezas clave de la información que se necesitaban para calcular el número de posibles civilizaciones N avanzadas detectables que podrían existir en ese momento en nuestra galaxia.

LA ECUACIÓN DE FRANK DRAKE

Una civilización podría surgir en un planeta habitable que orbita una estrella estable y con larga vida. Por tanto, el astrónomo declaró R como el índice promedio de formación de estrellas en nuestra galaxia Vía Láctea, estableciendo un límite superior aproximado en la creación de nuevas cunas para civilizaciones cósmicas.

Una fracción de esas estrellas (f_p) formaría planetas, y cierto número de esos planetas n_e serían adecuados para la vida. Del campo de la astrofísica y la ciencia planetaria, según la reflexión de Drake, sólo una fracción de esos planetas habitables (f_p) prosperaría. La fracción de extraterrestres inteligentes que desarrollarían tecnologías con pares de comunicar la noticia de su existencia a sustancias interestelares fue identificada como f_e y la longevidad promedio de una sociedad tecnológica se estableció con L .

Drake creía que la longevidad era importante debido al inmenso tamaño y edad de la Vía Láctea y el hecho de que nada parecía capaz de viajar en el espacio a una velocidad mayor que la de la luz. Nuestra galaxia tiene una amplitud aproximada de 100 000 años-luz y al parecer tan antigua como el universo mismo. Por ejemplo, el promedio de vida de una sociedad tecnológica avanzada es de unos cientos de años, y dos sociedades de este tipo surgieron de manera simultánea alrededor de estrellas a 1 000 años luz de distancia.

Si multiplicamos todos los factores de Drake juntos y usáramos cifras plausibles posiblemente se tendría un cálculo aproximado de N . Este conjunto de valores formarían una ecuación, que si no ayudaría a cuantificar las civilizaciones cósmicas, por lo menos cuantificaría la ignorancia cósmica de la humanidad. Esta ecuación, conocida como ecuación de Drake; podría ser de la siguiente manera:

$$N = R f_p n_e f_i f_e L$$

Por otra parte, Drake pensaba que la mayor parte de las conclusiones alcanzadas en la conferencia de Green Bank fueron en todo caso demasiado pesimistas.

Igualmente, pensaba que el aspecto bioquímico había crecido medio siglo de progreso en el estudio de los orígenes de la vida produciendo un exceso de senderos químicos posibles que podrían conducir a membranas, moléculas autorreplicantes y otras estructuras celulares fundamentales.

Las distintas líneas de evidencia indicaban que el salto de la vida unicelular y multicelular ocurrió varias veces en la tierra primigenia en una amplia gama de organismos y esto a su vez sugería que la transición no era casualidad, sino solo otro ejemplo de evolución convergente. Los investigadores habían descubierto microbios que surgían en piedras, kilómetros por debajo de la superficie terrestre, en estanques de agua ácida hipersalina hirviendo, en los interiores congelados de los glaciares, en los abismos oceánicos más profundas y oscuras e incluso en las cámaras de contención repletas de radiación de los reactores nucleares.

Una vez que surgió la vida como fenómeno planetario, daba la impresión de ser extremadamente adaptable, capaz de florecer cualquier nicho ecológico posible y de soportar casi cualquier interrupción ambiental imaginable.

La pregunta que se le hizo al científico, sobre lo que significaba todo eso para los últimos términos de su ecuación, respondió.

“Encontramos un número verdaderamente grande de lugares habitables en potencia, pero el número de planetas en los que podríamos esperar encontrar vida tecnológica inteligente en realidad no ha incrementado demasiado”. Eso le hacía pensar a Drake que tal vez había barreras importantes para el desarrollo de tecnología potente ampliamente diseminado.

Para superar estos obstáculos, necesitaríamos un planeta que se pareciera mucho a la tierra. Tan solo la enorme cantidad de estos cuerpos celestes nos sugiere que la existencia de un equivalente de la tierra y de la vida que hay en ella, pudo haber sucedido ya muchas veces y podría ocurrir muchas otras veces.

Drake abarcaba muchos de los hechos esenciales de la vida en la tierra. Alimentadas por la luz solar, las plantas rompían los enlaces de agua y dióxido de carbono para mezclar azúcares y otros hidrocarburos y luego descargar oxígeno al

aire. La luz solar desperdigaba todas las moléculas de oxígeno transportados en el aire, provocando así que el cielo se viera azul. Los animales respiraban el oxígeno y alimentaban sus cuerpos con los hidrocarburos en una fuente de dependencia excesiva de estos obsequios fotosintéticos de las plantas.

Al morir las plantas y los animales volvían a la tierra. La tremenda cantidad de calor, presión y tiempo, los transforman en carbón, petróleo y gas natural. Aquella energía fosilizada, extraída por medios mecánicos de la corteza del planeta y luego cocinaba en motores, generadores y hornos, alimentaba la mayor del dominio tecnológico de la humanidad en la tierra, mientras que el suministro de carbono creado y encierra durante cientos de millones de años manaba a borbotones de nuevo a la atmósfera del planeta en tan solo un instante geológico.

Drake mencionó en algunas ocasiones que nuestra Vía Láctea se había acercado casi ocho billones de kilómetros a la galaxia de Andrómeda, su galaxia en espiral y vecina más grande. En dos mil años el sol casi no se había desplazado en su órbita de 250 millones de años alrededor del centro de la galaxia y tomando en cuenta su período de vida de miles de millones de años, tampoco habían envejecido ni un día. Desde su formación 4 600 millones de años atrás, nuestro sol y sus planetas han completado tal vez unas 17 órbitas galácticas.

Hay evidencia fósil que cerca de quince de sus dieciocho años galácticos nuestro planeta fue anfitrión de apenas algo más que microbios unicelulares y colonias bacterianas multicelulares y permaneció libre completando elementos tan complejos como es el caso del pasto, los árboles, los animales y por supuesto, seres capaces de resolver ecuaciones complejas, como construir cohetes, pintar, paisajes, etc.

Las últimas décadas del siglo XX, cuando la exoplanetología se convirtió en un campo científico legítimo, los cazadores de planetas diseñaron varias maneras de tomar fotografías planetarias a través de los años luz. Todas estas técnicas implican el uso de uno o más telescopios espaciales contruidos con medidas muy precisas y diseñadas para anular el brillo de la estrella observada y revelar a su séquito de planetas. La astronomía de estos modernos telescopios, tendrían un

costo aproximado de varios miles de millones de dólares y cada planeta se vería como un punto de unos cuantos píxeles de ancho.

Drake decía que si no hubiera algo en ese momento, culturas avanzadas alrededor de las estrellas cercanas, estas habrían estado observando nuestro planeta por algún tiempo a través de sus propios telescopios espaciales.

Desde finales de la década de los ochenta, Drake empezó a explorar una idea que hacía que la noción de salpicar la cara oculta de la luna con telescopio parecería un juego de niños. El sol posee una masa intensa y una de las consecuencias de ello es que actúa como una lente gravitacional del tamaño de la estrella, pues amplifica la luz que roza su superficie. De hecho, este efecto lo midió por primera vez el astrónomo Arthur Eddington en el año de 1919 durante un eclipse solar y fue una de las piezas clave en la evidencia que confirmaba la teoría de la relatividad general de Einstein.

En el año de 1979 el radio astrónomo Von. R. Esleman de la Universidad de Stanford el rayo se enfocaba en un punto que comenzaba a unos 82 000 millones de kilómetros del sol, siendo esta ubicación catorce veces más lejos de la órbita del planeta Plutón.

Al revisar los cálculos de Esleman, Drake descubrió que debido a la interferencia electromagnética generada por el gas ionizado en las capas externas del sol, las condiciones ideales de observación de este telescopio de alta tecnología no estaban a 82 000 millones de kilómetros. Para tener un punto de comparación, vale recalcar que en el mes de junio del 2011, el emisario más rápido y distante de la humanidad, la nave Voyager 1, que fuera lanzado en 1977, se encontraba a menos de 18 000 millones de kilómetros del sol, a un poco más de una décima parte de la distancia al centro de atención ideal de Drake. Cabe mencionar que a la nave le había tomado treinta y cinco años alejarse tanto de la tierra.

Drake fue director del Telescopio de Arecibo en Puerto Rico, puesto que conservó hasta el año 1981. Dicho observatorio fue construido en una intensa depresión de piedra caliza en la selva del norte de este país y contaba con una antena de aluminio en forma de cuenco de trescientos cincuenta metros. El 16 de noviembre de 1974, Drake usó la

enorme antena para enviar su mensaje en un haz concentrado de ondas de radio moduladas, enfocado hacia un cúmulo de estrellas, llamado M-13, ubicado a unos 25000 años luz de distancia, en la Constelación de Hércules. El rayo de Drake, con un resplandor efectivo de 27 millones de megavatios en su longitud de onda específica, superó el brillo del sol por un factor de 100 000 durante los tres minutos que duró la transmisión. La resolución de la imagen fue producto de una necesidad funcional. Su contenido estaba formado por una serie de 1679 pulsos de frecuencia en el rayo de transmisión. Esta cifra es producto de dos números primos 23 y 73. Drake esperaba que los sensibles alienígenas usaran este inicio para interpretar de manera correcta los pulsos del mensaje.

En los años que siguieron a la transmisión del astrónomo desde Arecibo, la pregunta sobre si el mensaje podría ser interpretado se convirtió en una especie de debate cuando los fotones del mensaje deberían estar llegando a unas 30 000 estrellas en M-13.

Para finalizar, Drake decía que en la tierra la alta tecnología desarrollada durante la primera mitad del siglo XX se propagó en los países desarrollados que habían colonizado al planeta. Mencionemos que la visión de Drake ha abierto los canales para poder seguir estudiando hasta el día hoy la posible vida inteligente en el universo.



Capítulo 9

El Big silence

“Una nueva teoría sobre el origen del cosmos”

Astrónomos y cosmólogos han teorizado hasta nuestros días sobre el origen de nuestro universo, pero en la actualidad solamente conocemos la llamada Teoría del *Big Bang*, que para muchos es la más cercana a lo que ocurrió en realidad y es la estudiada con más profundidad, ya que en esencia tiene en su estudio la Teoría de la gravedad de Einstein. Sin embargo, recientemente ha salido a la luz pública una posible teoría sobre el origen del universo, que de alguna manera vale la pena analizar, ya que por su contenido ha puesto en tela de juicio cosas que la Teoría del *Big Bang* no aclara. Esta nueva teoría está bautizada como *Big Silence* (o gran silencio), que pareciera todo lo contrario a la ya conocida gran explosión.

El objetivo de este capítulo es conocer la teoría y tener una opinión propia sobre ella.

En marzo de 2014, científicos estadounidenses publicaron los resultados de las observaciones del Telescopio BICEP2, situado en el polo sur. En dichos resultados detectaron Ondas Gravitacionales creadas en el *Big Bang*, el primer eco de la gran explosión, hace unos 14 500 millones de años. Su hallazgo confirmaba las teorías sobre lo sucedido en esos primeros instantes y validaba la inflación cósmica.

El análisis de los datos del BICEP2 y del telescopio espacial europeo Planck ha demostrado que esas mediciones habían sido falseadas por la radiación emitida por el polvo de nuestra galaxia Vía Láctea.

Esta teoría une dos revoluciones de la física del siglo XX: la relatividad general de Einstein y la Mecánica Cuántica.

En el año de 1985, Ed Winton, físico del Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, presentó su teoría sobre

la estructura última de la materia, la conocida como teoría de cuerdas.

Las partículas fundamentales no serían fragmentos indivisibles de materia o energía sino una serie de ondas en una cuerda. Las ecuaciones de la teoría de cuerdas unió la gravedad y la física cuántica.

En la década de los ochenta, la única fuerza de la naturaleza que se resistía a una formulación matemática cuántica era la gravedad. La relatividad general y la teoría cuántica no encajan, tienen profundas consecuencias en la cosmología. La primera de ellas describe el movimiento de los planetas, estrellas y galaxias, que nos lleva a descubrir la expansión del universo y si es posible estudiar su estructura. La segunda es un modelo más completo y fundamental, nos permite comprender el funcionamiento esencial de lo más pequeño de la naturaleza.

En donde nos encontramos con el desafío es que el inicio del universo no llegaba al tamaño de un átomo de hidrógeno, y las densidades de materia y energía eran muy altas. En ese nivel el espacio-tiempo sufre importantes fluctuaciones que todavía no comprendemos.

Se tiene la esperanza de que una gravedad cuántica eliminará la singularidad descrita en la Relatividad General de Einstein, ese punto de infinita densidad donde se encontraban toda la masa y la energía del universo antes de comenzar a expandirse, ese lugar donde la física experimental convencional se rompe y la teoría cuántica toma el liderazgo.

Nos preguntamos: ¿Qué sucedió en el momento del *Big Bang*? Para tal efecto existe una teoría de las más respetadas que tiene el título de Triangulación Dinámica Causal (CDT), esbozada en el año 2006 por los físicos Renate Loll, John Amjorn y Jerzy Jurjewicz; surge como el camino intermedio en la pelea por la cuantización de la gravedad.

Este modelo ofrece ciertas ventajas. La más importante es que simplifica en gran medida los cálculos, además no necesita de la llamada súper-simetría, la estructura matemática con que la teoría de cuerdas requiere funcionar. Esta supuesta simetría multiplica por dos el número de partículas existentes en el universo, pues cada una de las que conocemos pasaría a ser un compañero súper-simétrico.

No se han encontrado pruebas de esta simetría y tampoco que la triangulación dinámica causal pueda prescindir de ella sin dejar de tener sentido.

La razón de la teoría de cuerdas desconfía de la CDT, ya que niega la continuidad del espacio-tiempo. El espacio-tiempo puede existir en diferentes fases, como sucede con el agua, que se presenta en estado sólido, líquido y gaseoso en función de la temperatura a la que se encuentre. Lo mismo sucede con la geometría del universo en el momento de su alumbramiento. Cuando poseía una temperatura elevada, el espacio-tiempo podría haber tenido una fase diferente de la que hoy tiene. Cada punto del espacio vivía su propia vida, comenta el astrofísico francés Aurelien Barrow. Esto significa que nada, ni materia ni luz ni la información podrían pasar de un punto a otro del universo.

La pregunta que ahora nos hacemos es: ¿Cuándo sucedió esto? Steven Carlín, de la Universidad de California, ha calculado que al comienzo del comienzo, en los 10^{43} segundos posteriores al *Big Bang*, ocurre el llamado Tiempo de Planck, considerado el menor intervalo temporal que podemos medir el instante más pequeño en la que las leyes de la física sirven para estudiar la naturaleza y la evolución del universo.

Se sabe que una partícula subatómica, como lo mencionó el físico Richard Feynmann a finales de la década de 1940, no se mueve de un punto a otro por un camino determinado, sino que lo hace por multitud de ellos y todas contribuyen a la probabilidad de que las partículas vayan de este punto a otro, que viene dada por una expresión matemática particular.

Los cálculos de esta teoría dicen que el universo sólo puede existir en fases muy distintas, es decir:

1ª Fase.- Es aquella a la que estamos acostumbrados, donde diferentes regiones están conectadas entre sí y se interrelacionan mediante las fuerzas de la naturaleza.

2ª Fase.- Es un universo absolutamente homogéneo donde todo forma parte de todo.

3ª Fase.- Es aquella donde no existe conexión alguna de esas teorizadas unidades mínimas del espacio-tiempo.

Es aquí donde la triangulación dinámica casual se une a la gravedad cuántica de bucles, que explica cómo es posible que cada uno de estos elementos mínimos que forman el universo queden aislados del resto cuando se encuentran en estados cada vez con mayor densidad y temperaturas, alcanzando un punto en que la luz es incapaz de viajar.

La cosmología que se deduce de la gravedad cuántica de Bucle dice resolver el problema de lo que sucedió antes del *Big Bang*, suele suponerse que esta marca el comienzo de todo, tiempo incluido.

En dicho modelo surge a lo que se le ha dado el nombre de “Gran rebote”. Esto quiere singularidad, un poco antes de hacerlo, cuando la densidad de energía alcanzó un valor crítico, los efectos caóticos hicieron aparecer una fuerza repulsiva. Esto produjo un rebote a partir de la formación del universo en que existimos.

Este relato aparece cuando el universo anterior se dirige a la singularidad en una época de inflación cósmica, como demostró en el año 2006 el físico indio Parampreet Singh que logró predecir cuánto se había prolongado ese período dos veces más de lo que suponían sus logros. Estos cálculos serán herramientas para saber la duración de la inflación.

Si estamos en un cosmos atemporal, no puede haber un origen, lo que significa que algo ha iniciado el proceso.

CONCLUSIONES

Como una reflexión final puede decirse que esta teoría está iniciando su estudio. Sin embargo, utilizando la física cuántica con el tema de la gravedad de Einstein, haría con el tiempo una forma más concisa para poder explicar el inicio y origen del universo, mientras nos quedaremos con la teoría que ha sido la más funcional hasta ahora: el *Big Bang*.



Capítulo 10

La ciencia ficción contra las leyes de la física

Ahora pasemos a un tema actual, acerca de la relación que existe entre lo que es la ciencia y la ciencia ficción. Esta estrecha relación la observamos en libros o en películas de gran éxito. Para quienes no sean especialistas la ciencia ficción puede pasar como algo más que entretenimiento, pero para los expertos la mayoría de las veces el argumento rebasa la veracidad de los conceptos científicos. Sin embargo, la ciencia ha aportado elementos útiles para el desarrollo de los argumentos en las obras de ficción, por lo que hay historias racionales y científicamente correctas.

Científicos de la NASA han colaborado en películas que recrean escenarios espaciales, como Marte y la Luna. Uno de los ejemplos más exitosos es el del científico y ganador del premio Nobel Kip Thorne en la película *Interstellar* en el 2015, aunque solo participa en ciertos detalles. Esto se debe a cuestiones de presupuesto y del propio lenguaje de la película, donde a menudo el espectáculo es más importante que la veracidad científica.

Otro ejemplo es la película *Ágora* del año 2009, de Alejandro Amenábar, quien fue asesorado por astrónomos, tanto españoles como historiadores. Recordemos que esta extraordinaria película trata la vida de la matemática griega Hipatia en el siglo III en Alejandría.

Otra conexión entre la ciencia y la ficción ocurrió en el año 2001 con la Agencia Espacial Europea (ESA). En el año mencionado lanzó el proyecto “Tecnologías Innovadoras de la ciencia ficción” para aplicaciones espaciales, con el objetivo de repasar la ciencia ficción pasada y presente en sus diferentes manifestaciones: literatura, películas y material gráfico para identificar y evaluar tecnologías innovadoras que pudieran ser desarrolladas en aplicaciones espaciales y recoger de ellas ideas imaginativas, viables para el desarrollo a largo

plazo para el sector europeo espacial, que podría ayudar en la predicción del curso de futuras tecnologías espaciales y su impacto. A finales del año 1999, la revista *Nature*, una de las revistas científicas más prestigiosas en Estados Unidos y el mundo, incluyó la sección “futuros de ficción”, donde escritores pueden expresar no solo sus predicciones sino sus preocupaciones actuales.

El cine, la literatura y el cómic son medios de expresión con normas, leyes y lenguaje propio. Cuando uno va al cine a ver una película de ciencia ficción no se va a aprender física, sino que uno va a divertirse y disfrutar de las aventuras y desventuras de sus personajes.

La ficción comparte con la ciencia la capacidad de especulación y el sentido de la maravilla. Aspectos que la hacen tan atractiva y a la vez, recomendable y útil como vehículo para la comunicación y divulgación de la ciencia y la tecnología.

Ahora un poco de historia. La ciencia ficción nace a comienzos del siglo XIX, como respuesta literaria a una nueva curiosidad que no había existido verdaderamente en toda la historia anterior del hombre.

Hubo un tiempo en que el fuego fue domesticado, en que la agricultura se desarrolló, en que se inventó la rueda, en que se creó el arco y la flecha. Pero estos inventos llegaron con intervalos de tiempo, se establecieron de forma gradual, también se difundieron de forma lenta a partir de un punto de origen que cada ser humano en su propio tiempo de vida.

Menciono que había fantasías sobre mundos sobrenaturales de dioses y demonios, sobre distancias míticas como es el caso de la Atlántida, o tierras inalcanzables como es el caso de la Luna, pero todo lo que se describía ocurría, ya fuera en el presente o en el pasado.

De hecho, estos cambios que se fueron dando lentamente dieron origen a lo que hoy sabemos de avances tecnológicos.

Muchas victorias militares fueron ganadas por generaciones que sabían cómo utilizar algún adelanto tecnológico. De hecho, la transición de la llamada Edad Media a la Alta Edad Media no podría haber existido sin el crecimiento de comida posibilitado por el desarrollo del arado con vertedera, que roturaban de forma eficaz los suelos duros del norte de Europa

y la invención del aparejo de tiro que hizo posible enganchar el caballo al arado.

Igualmente, la reforma protestante triunfó allí donde otros movimientos del mismo tipo habían fracasado, gracias a la invención de la imprenta. Recordemos a Martín Lutero que difundió sus palabras impresas a lo largo y ancho de Europa, en menos tiempo del que se necesitaba para prohibirlas.

De manera que la revolución científica de 1550 a 1650 habría sido imposible sin la invención de la imprenta, que difundió de forma rápida las noticias de las invenciones y que creó por primera vez una confraternidad científica a escala continental.

El ritmo del avance tecnológico se fue incrementando constantemente con el correr de los siglos, porque de alguna manera cada adelanto se incrementó hasta tal punto que en Inglaterra se produciría una revolución industrial que se expandiría con una rapidez nunca vista más allá de su lugar de origen.

Y en cada lugar donde la Revolución Industrial se afirmó, el ritmo del cambio se aceleró hasta el punto de poder ser percibida en el tiempo de vida de un individuo.

Mientras algunos esperaban que el avance de la ciencia y la tecnología hiciera posible la realización de una utopía en la tierra, otros temían que las consecuencias del cambio pronosticaban pesadillas. Desde entonces la ciencia ficción osciló entre los extremos del pesimismo y optimismo.

HISTORIAS SOBRE LA CIENCIA FICCIÓN Y LAS LEYES DE LA FÍSICA

La primera novela que podría definirse como de verdadera ciencia ficción es “Frankenstein” de Mary Shelley, que fue publicada en el año de 1818 en Inglaterra.

Esta novela trata acerca de la creación de la vida no a través de la magia de lo sobrenatural, sino por la aplicación racional de técnicas científicas.

En Inglaterra la Revolución Industrial consolidó con su desarrollo un sistema que contuvo honrosas pesadillas de la

historia. El Imperio Británico se expandió y otras naciones incrementaron su poder y riqueza.

Por otro lado, a Julio Verne se le considera el primer escritor profesional de ciencia ficción, en el sentido de que fue el primero cuyos medio de vida se basaba en escribir esas historias. Sus héroes sondean el aire y las profundidades del mar, penetran hasta las alturas de la luna y hasta las profundidades del centro de la tierra, y siempre con una aureola de triunfo.

En el libro “La máquina del tiempo”, de 1895, es la primera historia verdadera acerca del estudio de la historia del tiempo y el primer gran éxito de Herbert George Wells. Este utilizó un artefacto que podía llevar a la gente a voluntad a través del tiempo.

El viajero del tiempo encuentra un futuro en el que los hombres están divididos en dos clases, una bella pero decadente y la otra horrible y depravada.

En otra gran novela “La guerra de los mundos” del año 1898, Wells crearía la primera historia que trataba sobre una guerra interplanetaria. Se inspiraría en las marcas halladas y que hoy se conocen como canales y que en la actualidad han servido para que astrónomos y científicos investiguen sobre la existencia de la posible vida en el planeta rojo; vida bacteriana indudablemente.

Pero tanto en la novela como en la película con el mismo nombre y protagonizada por el actor estadounidense Tom Cruise, su historia abarca la lucha entre la existencia de una civilización avanzada de otro mundo y la nuestra.

Además, mencionemos que la novela “La guerra de los mundos” ha despertado la imaginación de científicos actuales en la posible búsqueda de inteligencia extraterrestre. En el año de 1926 la ciencia ficción entraría en una nueva fase cuando el escritor Hugo Gernsback, un norteamericano nacido en Luxemburgo, publicaría “Amazing Stories” o en español “Historias sorprendentes”, la primera revista dedicada a la ciencia ficción. Es en Estados Unidos donde estas revistas alcanzaron un lugar importante. En los años de la Primera Guerra Mundial y posteriormente en la década de los veinte el origen de la historia surgirían las historias de superciencia.

Para fines del año 1929 comenzó la llamada “Gran Depresión” y el optimismo retrocedió de manera constante en todo el mundo y particularmente en los Estados Unidos. El nuevo mundo se reflejó en “*Brave New World*” que en español “Un mundo feliz” del escritor Aldous Huxley, publicado en 1932, en lo más hondo de la depresión.

En esta novela la ciencia se describe como un agente deslumbrante. Aún en las revistas que se centraban en historias de aventuras se terminó por perder el optimismo.

Bajo la dirección del escritor John Campbell se comenzaron a describir sociedades que eran extrapoladas a partir de los nuevos descubrimientos. Tan pronto como se anunció el descubrimiento de la fisión de uranio en 1939, se empezaron a escribir historias de la bomba atómica, algunas de ellas con sorprendente pre-ciencia.

Como repaso, menciono que se comenzó a escribir novelas de ciencia ficción hace más de siete décadas. Había sólo tres revistas de ciencia ficción, una de ellas conocida como “*Amazing Stories*”. Era de calidad y se pagaba un centavo la palabra. Pero al transcurrir el tiempo, en pleno siglo XXI, la producción tanto de películas como revistas ha sido muy redituable.

En los años cincuenta el escritor Isaac Asimov, uno de los mejores autores de ciencia ficción de todos los tiempos, escribió una trilogía muy aclamada “La fundación”, una serie de novelas en las que la acción se sitúa a muchos miles de años en el futuro. En estas, los hombres se desplazan cada día para trabajar en sus oficinas mientras las mujeres se quedan en casa. Si vemos lo anterior, en pocas décadas la visión del futuro lejano ya era cosa del pasado. Actualmente tanto el hombre como la mujer realizan las mismas actividades.

Por otro lado, en la década de los setenta se transmitieron series que se harían muy populares, como son “El hombre nuclear” protagonizada por el actor Lee Majors y “La mujer biónica” por la actriz Lindsay Wagner, donde el tema central de estas dos series eran lo que hoy llamamos biónica. Aunque en esa época parecería un cuento de ciencia ficción, el día de hoy sabemos de la existencia de las prótesis.

Uno de los sueños recurrentes del ser humano ha sido la posibilidad de trascender las limitaciones impuestas por la

naturaleza, superar las barreras de la herencia biológica. La biónica se ha hecho realidad. El trabajo conjunto de médicos, ingenieros y biólogos en el campo de la biónica está ofreciendo como resultado soluciones artificiales que sustituyen partes de nuestro cuerpo para potenciar nuestros sentidos, mejorando la calidad de vida de miles de personas que sufren algún tipo de discapacidad. La fusión entre el ser humano y la máquina es cada vez más estrecha, más viable y el futuro ofrece posibilidades inimaginables en esta relación tan provechosa.

Se pueden evaluar estos avances explorando las bases científicas de una disciplina tan puntera como es el caso de la biónica y conocer algunas de las investigaciones más relevantes y llevadas a un buen término.

En un futuro próximo, los principales retos de la biónica estarán relacionadas con la posibilidad de la fusión entre lo biológico y lo sintético, con desafíos como encontrar los materiales adecuados para crear implantes que no sufran el rechazo del sistema inmunitario, el tratamiento de las grandes cantidades de información que controlan tanto las actividades y la comprensión detallada de las complejidades del cerebro humano, tanto a nivel microscópico como en aspectos como la conciencia y el lenguaje. La biónica del mañana debe empezar por lo de hoy, entender el cuerpo humano al detalle para lograr replicar sus órganos y estructuras mediante una combinación acertada de partes artificiales para volver al mundo e interactuar con él.

El desarrollo de prótesis biónica que reemplacen el miembro original es el segundo de los grandes ámbitos de investigación de la biónica actual. Si hasta finales del siglo XX la pérdida de un miembro o de su funcionalidad solo podía solucionarse con brazos o piernas rudimentarias, los avances en esta disciplina están permitiendo diseñar y fabricar elementos que cumplen de manera más eficaz las funciones perdidas. Menciono que la tecnología será capaz de adaptarse al cuerpo humano con facilidad y nuestros cerebros de manera que se puedan adoptar al control directo de funciones hoy fuera de nuestro alcance.

Gran parte de las narraciones existentes sobre el centro de la tierra parten de la teoría elaborada por un insigne

astrónomo británico, Edmund Halley, que sugirió en el año de 1692 que la tierra estaba constituida por capas concéntricas de materia, como la forma de una cebolla, separadas por amplios espacios vacíos, con aberturas en ambos polos terrestres.

Años después lo anterior causaría la curiosidad del Capitán John Cleves Symmes, que llegaría a solicitar fondos al Congreso de Estados Unidos para financiar una expedición al interior de la tierra hacia el año de 1818. De hecho la teoría de Halley fue modificada en el año de 1913 por Marshall Gardner, que en su libro “Viaje al interior de la tierra” abandonara la teoría de la estructura de capas concéntricas en favor de una tierra constituida simplemente por una corteza de notable grosor, un interior hueco y un color guinda, un sol central y en la novela de Edgar Rice Burroughs “En el corazón de la tierra” en 1814. En donde la narración se centra en la odisea de David Innes y el geólogo e inventor Almer Perry que descubren un reino interior, oculto 500 millas (800 kilómetros) abajo de la corteza terrestre. Un mundo gobernado por reptiles con poderes mentales y poblado por seres humanos, dinosaurios y una amplia variedad de otras especies.

Los conceptos físicos en los que se sustenta la historia resultan faltos de veracidad. El modelo de tierra que sostiene Burroughs se asemeja a una naranja vacía, de la que observamos la corteza. De manera que el autor ubica Pellucidar en la cara interior de la corteza, de modo que sus habitantes caminaban invertidos con respecto a los humanos que transitaban por la superficie terrestre.

Burroughs hace caso omiso de un conocido principio físico: la gravedad disminuye al adentrarnos en la tierra por el simple hecho de que, al aumentar la profundidad, disminuye la cantidad de masa que yace bajo nuestros pies, aunque no resulte intuitivo, puede demostrarse que la masa que reside sobre nuestras cabezas no produce efecto alguno, para ello en física se puede recurrir al denominado “teorema de Gauss”, si se considera una tierra hueca, al traspasar la corteza, la gravedad es cero, no estaría sometida a la gravedad ejercida por la corteza, sino a la gravedad del sol central, por lo que se precipitaría hacia el centro de la tierra.

Por otro lado, modelos posteriores sugerían aberturas físicas en los polos de la tierra por donde se podría descender hacia el centro del planeta. Una de las teorías que mayor eco produjo fue la de John Cleve Symmes Jr., que consistía en suponer que antes de penetrar en el inmenso hueco había que atravesar una corteza esférica de 1.30 km de espesor.

Los polos geográficos de la tierra no serían visitados por el hombre hasta los años 1909 y 1911, respectivamente. Más tarde aparecía la idea de un sol de alrededor de 965 kilómetros de diámetro en el centro de la tierra. En 1926 Richard J. Byrd sobrevoló el Polo norte y en el año de 1926 el Polo sur. Posteriormente, en el año de 1970 Ray Palmer empezaría a divulgar la idea de una tierra hueca y que Byrd había conseguido penetrar por las aberturas polares. Es aquí donde las pseudociencias habían penetrado en el tema.

Hoy en día existen nuevas y sofisticadas técnicas para saber en qué viaje podemos utilizar nuestra imaginación en la mente humana.

Los científicos Michael E. Wysession y Jesse Lawrence, de la universidad de Washington, han afirmado haber encontrado una extensión de agua similar al Océano Ártico justo debajo de Asia Oriental, en el manto terrestre. De manera que nos hacemos la siguiente pregunta: ¿Será real el mar que encuentran nuestros intrépidos amigos en el interior de la tierra habitada por seres prehistóricos?

Un gran porcentaje de nuestro conocimiento actual sobre el interior de la tierra proviene de los datos suministrados por las llamadas ondas sísmicas.

Ahora siguiendo el trabajo de R. Snyder, publicado en la revista *American Journal of Physics* en el año de 1956, se puede considerar que el interior de la tierra está formado por dos regiones claramente diferenciadas que se corresponden con el manto y el núcleo, cada una de ellos con una densidad constante e igual a 4.4 g/cm^3 para el primero y 11 g/cm^3 para el segundo.

A medida que nos acerquemos hacia el centro de la tierra, la aceleración de la gravedad iría disminuyendo suavemente hasta llegar a los 1 370 Km de profundidad, donde tomaría el valor de 9.32 m/s^2 que en la superficie tiene una de 9.81 m/s^2 , para luego volver a aumentar de forma lenta los

10.73 m/s² a los 3 500 kilómetros de profundidad, junto en la superficie de separación entre el manto y el núcleo.

A partir de este punto, la gravedad disminuye proporcionalmente con la profundidad, haciéndose cero justo en el centro de la tierra, donde nos sentiríamos en completa ingravidez.

Para terminar esta parte pasamos al último ejemplo de la relación entre la ciencia y la ciencia ficción. La película “El núcleo” del año 2003, trata sobre nuestro planeta que se encuentra en peligro al borde de un cataclismo global. Decenas de personas mueren, sin aparente explicación y de forma repentina. El doctor en Geofísica Josh Keyes se da cuenta que todos esas personas tenían algo en común que era el de llevar implantado un marcapasos. Las palomas vuelan desorientadas y chocan contra los carros. Posteriormente, el doctor Keyes deduce que lo que pasa es el núcleo terrestre que ha dejado de girar y es lo que está causando toda una serie de anomalías magnéticas que provocan enormes desastres que conducirán finalmente a la desaparición de la vida sobre nuestro planeta.

La solución para evitarlo es tan simple como original: viajar hasta el centro de la tierra y detonar cinco artefactos de 200 megatonnes cada una para volver a iniciar el movimiento rotatorio del núcleo.

En la película los especialistas argumentan las inconsistencias científicas. Por ejemplo, diré que resulta del todo imposible que la desaparición del campo magnético de la Tierra provoque que la radiación de microondas procedente del Sol vaya a carbonizarnos o a producirnos grandes quemaduras. Lo que sí es cierto es que el núcleo de nuestro planeta dejase de girar, el campo magnético esté o no presente, no afecta en absoluto a una radiación electromagnética como es el caso del microondas.

Además, encontramos la discusión del llamado “inobtanio”, con el que se fabricaba la nave Virgilio, que llevaría los termonautas en su viaje desesperado el núcleo de la tierra o la imposibilidad absoluta de comunicación por radio desde el interior de la nave con el puesto de mando exterior ubicado en la superficie del planeta.

Lo que se menciona es que en el caso de que se decidiese comunicar de una forma un poco más plausible, es decir, mediante ondas acústicas, habría que tener en cuenta el retraso en la propagación de las mismas.

Si el núcleo terrestre está constituido por hierro y níquel y la velocidad de propagación del sonido en el hierro es aproximadamente de unos 5 km/s no hay que saber mucho de física para darse cuenta de que nuestra voz tardaría aproximadamente diez minutos en llegar a la superficie y luego deberíamos aguardar otros diez minutos hasta recibir la respuesta.

También se estima que la presión en el centro de nuestro mundo debe ascender a unos 300 000 millones de pascuales, es decir, una magnitud tres millones de veces superior a la que soportamos a nivel del mar.

De manera que, la geoda, llamada así por los intrépidos terrestres debe ejercer una presión sobre las paredes de aquella que tiene que ser forzosamente mayor a la existente en el exterior de lo mismo para que el globo terráqueo no colapse de la misma manera que lo haría un globo hinchado si lo aplastáramos.

¿Cómo pueden entonces los protagonistas bajarse de la nave Virgilio y pasar como si estuvieran sobre la superficie de la tierra? ¿Cómo es posible que sus trajes diseñados para resistir temperaturas de 5 000 °C no se fundan a temperaturas por encima de los 9 000° C? ¿Tiene un margen de fiabilidad de 4000 °C? En la película encuentran diamantes gigantes en el interior de la geoda. Un cristal ataca la nave y para liberarla no se les ocurre otra cosa que utilizar un tanque de oxígeno de respiración. Para liberar oxígeno de una botella en un ambiente donde la presión es de cientos de miles de atmósferas y la temperatura de miles de grados, hay que ser más audaz que el coyote de la serie animada de Bugs Bunny.

Bueno a todo esto, el interior de la tierra está formada básicamente por tres capas: la corteza, el manto y el núcleo. Este último puede considerarse dividido en un núcleo externo, de unos 3 500 kilómetros de radio y consistente en una mezcla fluida en estado líquido de hierro y níquel. Por debajo del mismo se encuentra un núcleo interno con 1 200 kilómetros de radio y en estado sólido y parece girar con una

velocidad de rotación que es prácticamente igual a la velocidad de rotación de la tierra. Es este movimiento el que parece ser responsable del campo magnético que presenta nuestro planeta.

En segundo lugar y no menos importante, está la cuestión de la energía que hay que gastar para llevar a cabo la vuelta.

En este caso, dicha energía se llama energía cinética de rotación y tiene un valor que depende la densidad del cuerpo y de sus dimensiones geométricas a través de una cantidad denominada “momento de inercia”, y además también de la velocidad con la que gire el objeto.

Conociendo las dimensiones del núcleo terrestre, su densidad y la velocidad con que rota, los guionistas se quedan cortos, ya que hacen falta unos 5 000 millones de bombas más, ya que la tierra es mucho más grande de lo que en la película se quiere interpretar.

Podemos agregar que la ciencia ficción es un género literario popular que como he mencionado tiene una estrecha relación con la ciencia.

Además como se mencionó anteriormente poniendo como ejemplo la película “El núcleo”, podemos notar que muchas veces la ciencia ficción rebasa a la verdadera ciencia.

CONCEPTO DE CIENCIA FICCIÓN

Ahora nos hacemos la pregunta: ¿Qué es entonces la ciencia ficción? Algunos han mencionado que la ciencia ficción es una mala traducción de ciencia. Otros la consideran como relatos de anticipación o incluso aceptan los hechos consumados como verdaderos.

Para algunos incluso existen reglas para escribir ciencia ficción. El escritor Asimov describe las reglas de la siguiente manera:

- 1.- Se toma una situación real y se plantea algún aspecto científico, de preferencia solo en que el mundo del relato difiera del nuestro. Por ejemplo, una Tierra en la que toda la población vive en cuevas subterráneas, lejos de la luz del Sol.

- 2.- Se extrapola en forma realista para explorar las consecuencias que tendría sobre la situación ese aspecto distinto, de manera que la situación que se presente se le dé un aspecto normal y creíble de acuerdo con el conocimiento científico aceptado. Aquí es donde películas como las guerras de las galaxias quedan fuera del juego de lo riguroso y se vuelven comerciales.

La ciencia ficción debe contener elementos científicos que resulten centrales para la trama. Para Isaac Asimov hay que plantear un escenario en el que todos los elementos sean congruentes con la ciencia conocida hasta el momento para partir de ahí y construir un relato que apasione.

Menciono que los autores de ciencia ficción han sido los primeros en proponer ideas y en ocasiones han tenido excelentes resultados.

El caso más famoso sucedió con el escritor Arthur Clarke, en su libro “2001, Odisea del espacio”, llevada a la pantalla grande. En ella en el año de 1945, se plantea la posibilidad de un satélite artificial cuya órbita lo hiciera moverse a la misma velocidad que la rotación de la tierra. Muchos consideran que este es un ejemplo de predicciones que la ciencia ficción fomenta para que la población conozca y entienda avances y aptitudes científicas y tecnológicas.

Para terminar, el valor literario de la ciencia ficción, que muchas veces se ha puesto en duda, es un interesante puente que une el campo de lo científico con lo artístico. Es al mismo tiempo ciencia y literatura.

Es una de las maneras cómo puede lograrse que una sociedad se informe y se cuestione acerca del avance del futuro al que puede conducir a los avances técnicos y científicos. Igualmente, la ciencia ficción puede volver más conscientes del poder que proporciona el conocimiento producido por la ciencia.



Capítulo 8

Objetos extraños en sistemas planetarios

El término “extraño” es relativo. A veces al levantar la vista al cielo y observar algo que no es común lo vemos raro, pero no así un especialista.

La física y la cosmología plantean escenarios en los que puede inferirse la existencia de diversos objetos que todavía no han sido localizados y cuya detección sigue en discusión.

Un objeto que es extraño puede presentar características que no son comunes a los objetos que se encuentran en su misma especie. Por ejemplo: un agujero negro, una estrella, una supernova, etc.

LA EXTRAÑA LUNA

Cuando observamos el cielo desde cualquier punto de la tierra vemos a nuestro satélite natural, mismo que reveló hace muchos siglos por medio de un telescopio que es un cuerpo celeste mucho más complejo de lo que parece.

Las misiones de las ondas espaciales mandadas al espacio han enviado fotografías de eventos que no esperaban, como sucedió con los bautizados los “mascones”.

Los vehículos situados en órbitas experimentaban extraños cambios de altitud durante el sobrevuelo de ciertos accidentes geográficos, como cráteres y amplias zonas de impacto.

En efecto, las sondas sufrían los efectos de aparatos fluctuantes en el campo gravitatorio, que regresaba a la normalidad superada la vertical de estas sorprendentes variaciones en el campo gravitatorio lunar, cuya precisión ha aumentado recientemente a las sondas de última generación.

Se ha confirmado que la gravedad lunar se ha acrecentado en algunos lugares, y está relacionado con las acumulaciones irregulares de materia, los ya mencionados “mascones”. ¿Pero

cuál es el origen de esas acumulaciones de masa? Gracias al lanzamiento en el año 2011 de la pareja de sondas GRAIL de la NASA, que fueron colocadas alrededor de la Luna, especialistas del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y de la Universidad de Purdue, en Estados Unidos, obtuvieron un modelo del campo gravitatorio lunar que identifica con especial precisión varios de estos extraños “mascones”.

A partir de este mapa, los científicos determinaron que estos últimos están estructurados de forma que existe un centro que experimenta mayor incremento de gravedad, a diferencia de diversos círculos concéntricos alternos, los cuales muestran zonas de gravedad superior o inferior al promedio, un patrón que se trató de reproducir mediante una serie de impactos simulados en el laboratorio. Después de algunos experimentos llegaron a las conclusiones, de que esto se debe a las caídas de meteoritos, principal causa de la acumulación de materia en el cráter, el cual acabará enfriándose y exhibiendo el patrón gravitatorio de los mascones.

FENÓMENOS LUNARES TRANSITORIOS (TLP)

Otro fenómeno extraño en la superficie lunar se trata de los llamados “fenómenos lunares transitorios” (TLP), que se refieren a cambios visuales aparentes en la citada superficie.

Las teorías más populares que tratan de desentrañar el fenómeno se centran en el impacto de pequeños meteoritos que producirían un destello durante el choque o el escape de gases procedentes del interior de la luna.

La visualización de estos fenómenos en épocas antiguas podría estar relacionado con impactos de objetos bastante grandes. Para que un TLP de esta naturaleza fuera visible desde la tierra debería tener una considerable potencia.

Las observaciones que identificaron a los TLP constaron la aparición de diminutas nubes de color rojizo o blancuzco, que podrían proceder de zonas que presentan grietas en el suelo, sobre todo en cráteres o grandes zonas de impacto.

Algunas observaciones podrían estar relacionadas con situaciones de turbulencia atmosférica terrestre y por lo tanto, no serían reales. Otros no descartan que algunos TLP sean debidos a descargas y fenómenos electrostáticos.

Actualmente los TLP siguen siendo una anomalía bajo estudio.

ASTEROIDES

Ahora pasemos a rarezas de tipo asteroidal. Se trata de objetos de una variedad de tamaños, de aspecto rocoso, pero que pueden incluir también metales y agua helada, los cuales podrían ser restos de la formación del sistema solar o fragmentos de cuerpos mayores. La mayoría se halla orbitando alrededor del sol en un cinturón situado entre los planetas Marte y Júpiter, pero los hay muchos más lejos en el denominado “Cinturón de Kuiper” más allá de Neptuno y en todo el espacio interplanetario, destacando aquellos que se cruzan con la órbita de la tierra y que pueden ser un peligro para la tierra.

Distinguimos a los asteroides de los cometas diciendo que estos últimos emiten polvo y otras sustancias, sobre todo por la acción del sol, mientras que los primeros no lo hacen.

Una reciente observación que fue realizada por el Telescopio Espacial Hubble ha localizado a uno de estos objetos que en realidad son dos asteroides, uno girando alrededor del otro.

Las imágenes durante el período de acercamiento al sol de un sistema binario, bautizado con el nombre de 2006VW139, muestran que ambos componentes pueden poseer un halo de material a su alrededor, así como una cola de polvo. Los dos asteroides se hallan a una distancia entre sí de unos cien km y fueron descubiertos en el año 2006.

El cometa ahora llamado C/2013UQ4, fue tomado por un asteroide durante un tiempo tras su descubrimiento, en octubre de 2013. También este cometa recibe el nombre de Catalina, y tiene una órbita de unos 4 500 años. Además de desarrollar una cola de polvo de 100 000 km de longitud.

Otros asteroides parecen ser cometas ya muertos, incapaces de mostrar actividad en las proximidades del sol. El asteroide 2015TB145 pasó lo suficientemente cerca de la tierra el 31 de octubre de 2015, que el uso del telescopio infrarrojo permitió constatar que este objeto aparentemente ya

ha agotado sus sustancias volátiles; tiene unos 600 metros de diámetro.

El asteroide PI2013R3 que también podría ser un cometa, está demasiado lejos para experimentar un episodio de sublimación de sustancias volátiles. En el 2013 se fragmentó en unos diez trozos de hasta 200 metros de diámetro cada uno, que quedaron rodeados por nubes de polvo tan grandes como la Tierra. Con el tiempo, cada fragmento se separa de los demás. El efecto YORP, llamado en honor de sus descubridores apellidados Yarkovsky, O'keefe, Radzievski y Parback, supone la absorción de la radiación solar por parte del cuerpo y su posterior emisión en forma de calor.

Estas emisiones son irregulares por la propia forma irregular del objeto, lo que provoca un desequilibrio capaz de hacer crecer la velocidad de rotación e incluso el cambio de órbita.

Los astrónomos han hallado un asteroide el 2016HD3 que posee una órbita alrededor del sol parecida a la nuestra.

El asteroide 2016HO3 adoptó una posición hace aproximadamente un siglo, como ocurrió hace una década con el 2003YN107, otro asteroide que se mantuvo siguiendo un patrón similar hasta que las perturbaciones lo alejaron de la tierra.

EXOPLANETAS

Por otro lado, gracias a los nuevos métodos de observación y herramientas satelitales y terrestres más avanzadas, nuestra lista de planetas extrasolares no deja de crecer.

Mencionaré algunos planetas extrasolares de los más destacados. Los más alejados de nosotros hasta la fecha se llaman SWEEPS-04 Y 11 que se encontraron en la constelación de sagitario a 27 710 años luz de la tierra, aunque hay otro denominado PA-99-N2 que se hallaría nada menos que en la galaxia de Andrómeda a más de dos millones de años-luz de la tierra.

En el otro extremo de la lista, el exoplaneta más masivo sería Próximo Centauri b, un mundo rocoso situado en la zona de habitabilidad alrededor de su estrella, la más cercana a nuestro sol.

Si hablamos de las masas, el exoplaneta más masivo sería el DENIS-PJO82303. 1-491201b, que tendría más de 28 veces la masa de Júpiter, aunque también podría tratarse de una enana marrón, una estrella que no llegó a desarrollar la necesaria actividad termonuclear en su núcleo.

El menos masivo sería Kepler-37b con una masa aparente de hasta tan solo una décima parte de lo que tiene la tierra. Este último exoplaneta también sería con 0.30 radios terrestres el más pequeño que fue localizado hasta la fecha, con un tamaño parecido al de la Luna.

El mayor tendría casi siete radios jovianos (radios de júpiter) y se llama HD100546b. Una órbita de los planetas extrasolares muy cercana a su estrella puede dar lugar a objetos con temperaturas extremas en su superficie. Por ejemplo, el exoplaneta Kepler-70b tiene hasta ahora el récord de la temperatura más alta 6870 °C. Según estimaciones, serían más altas que las de la superficie de nuestro sol.

Hacia el extremo opuesto de temperatura podemos citar, entre otros, a OGLE-2005-BLG-390Lb con -223 °C como el más frío.

Por otro lado, el planeta extrasolar 830 Taub es por ahora el más joven que se conoce, con solo dos millones de años.

Para su formación, los planetas dependen en buena medida de la presencia de elementos químicos más pesados que el hidrógeno y el helio y tales elementos pesados los producen las estrellas. Más adelante continuaré con el tema de los exoplanetas en otro capítulo.

PLANETAS QUE FUERON ESTRELLAS

Hay muchas estrellas que están agrupadas en sistemas binarios o triples, de modo que si se han formado planetas a su alrededor, estos pueden adoptar una serie de características físicas particulares. Por ejemplo, Kepler-1647b es uno de estos planetas que tienen una pareja de estrellas en su espacio próximo. Se halla a 3 700 años luz de la tierra y tiene una edad parecida a la de nuestro planeta. Su aspecto y masa lo convierten en un gemelo virtual de Júpiter. No se descarta que el sistema posea otros planetas mucho más pequeños y rocosos. Kepler-1647b además tarda unos tres años en dar

una vuelta alrededor de sus estrellas y se halla en la zona en torno a estas, que es habitable. Los planetas alrededor de dos estrellas se denominan planetas circumbinarios o de tipo “Tatooine”, en recuerdo al planeta natal del personaje de la película “La guerra de las galaxias” Luke Skywalker. Los planetas de este tipo no giran alrededor de sus estrellas siguiendo una trayectoria más o menos circular, sino que se bombardean según la interacción con la gravedad de todas ellas, lo que acarrea grandes variaciones en la cantidad de radiación recibida. El período de tres años de Kepler-1647b no se compara con el millón de años que necesita el planeta 2MASSJ2126-8140 para completar una órbita alrededor de su estrella. Pero el planeta PSRJM19-1438B necesita solo 2.2 horas.

En cuanto a la excentricidad de las órbitas, HD20782b, un gigante gaseoso, con una cifra de 0.97 pasando la mayor parte de su órbita lejos de su estrella y sobrevolando muy rápido en el punto de máximo acercamiento, soportando un cuarto período de elevadas temperaturas.

En este sistema solar, casi todos los planetas se mueven en órbitas circulares, mientras que el HD20782b experimenta un alejamiento máximo de 2.5 UA y un mínimo de tan solo 0.06 UA, algo poco relevante si lo comparamos con HD106906b, cuyo apoastro o máxima distancia respecto a su estrella alcanza aproximadamente los 650 UA (el planeta Plutón se aleja no más de 49 UA). Esta planeta es más masivo que el planeta Júpiter y necesita muchos años para efectuar una vuelta completa en su órbita y de hecho los astrónomos se preguntan si es posible su presencia.

También hay planetas en sistemas binarios que solo orbitan a uno de los componentes estelares. Por ejemplo, Fomalhautb, también llamado Dagon, el primer planeta extrasolar que se observó desde el espectro visible, gira en torno a la estrella Fomalhaut, alcanzando una distancia máxima de 115 UA.

Este juego de cercanías y lejanías puede encontrarse también entre planetas. Así Kepler-70b y Kepler-70c rodean a su estrella Kepler-70 siguiendo órbitas parecidas de modo que periódicamente efectúan un paso muy cercano a tan solo 240 000 kilómetros de distancia. Si estuviéramos en Kepler-70b

veríamos a su compañero en ese momento con un tamaño cinco veces superior al de la luna llena, ofreciendo un hermoso espectáculo. De forma que tardan 5.76 y 8.23 horas en dar una vuelta a su estrella.

Las temperaturas altas son una característica habitual de los llamados Júpiteres calientes. Nuestro Júpiter se halla bastante lejos del sol, a diferencia de muchos de los planetas gaseosos gigantes descubiertos en la actualidad que están situados muy cerca de sus estrellas.

Por ejemplo, el planeta XELT-1B tiene un tamaño similar a la del planeta Júpiter, aunque su rareza es que tiene veintisiete veces su masa y gira alrededor de su estrella, parecida al sol, en algo más de un día (30 horas).

Más caliente se encuentra la atmósfera de HD189733b alcanzando los 3 000 °C. Algo mayor que Júpiter. Incluso el hierro se hallaría en estado gaseoso. Un problema parecido afronta KELT-9b, un planeta gigante gaseoso a unos 600 años-luz de la tierra. Gira en torno a una estrella que duplica el tamaño y la temperatura y lo hace a una corta distancia que tarda solo un día y medio en dar una vuelta a su alrededor. El resultado de que este planeta experimenta una temperatura superficial de aproximadamente 4 300 °C, superior a la que tienen algunas estrellas en su superficie y su atmósfera se ha hinchado de alguna manera.

Hay planetas que puedan verse destruidos por sus estrellas debido a la evolución estelar de estos últimos, tal como puede haber ocurrido a KELT-9b. El sol se convertirá en un futuro en una gigante roja, creciendo enormemente y tragándose en el proceso a los planetas cercanos como Mercurio, Venus, incluyendo la Tierra. Observando estos sistemas planetarios, los astrónomos han hallado una gigante roja que efectivamente ha destruido a un planeta de su sistema.

Uno de los casos más extremos de planetas devorados por su estrella es el HD/240430. No solo es parecido al nuestro, sino que está ubicado a solo unos 350 años luz de distancia de la Tierra.

En su composición química HD240430 difiere sospechosamente de su hermana gemela, otra estrella similar con la que conforma un sistema binario. La huella química de

Hd240430 sugiere que se tragó el equivalente a quince planetas rocosos con masas equivalentes a la de la Tierra.

Por otra parte, astrónomos de varios países descubrieron lo que parecía un compañero planetario de una estrella de neutrones llamada PSRJ1719-1438. Las emisiones regulares de esta estrella de neutrones, que permiten catalogarla como un pulsar, mostraban ciertas anomalías que se atribuyeron a la presencia de dicho planeta. La pareja (pulsar y planeta) se halla a unos 4 000 años-luz de la tierra, existiendo entre sus componentes una separación de apenas unos 600 000 kilómetros. En un caso semejante nos encontramos con el sistema binario que se llama J1433 y se encuentra a 730 años luz de la Tierra. La tiene una masa de sólo sesenta veces la de Júpiter tras perder el 90 % de ella en favor de su compañera.

OBJETOS EXTRAÑOS OBSERVADOS RECIENTEMENTE

15 de enero de 2020

Descubren un tipo de objeto celeste que cambia su forma cuando se acerca al agujero negro supermasivo de la Vía Láctea. Su origen podría ser una estrella binaria que se ha fusionado.

Cerca del agujero negro supermasivo que hay en el centro de nuestra galaxia los astrónomos han descubierto algo que se trata de un cuerpo que parece gas, pero se comparte como una estrella y fue bautizado como objeto G.

13 de julio de 2020

Aparecen cuatro objetos extraños en el universo con forma de anillo, de manera que tres de los cuales tienen un brillo particularmente fuerte en sus bordes que no coinciden con otros objetos similares, características como supernovas, nebulosas planetarias capas circunestelares o discos planetarios también de forma circular.

Para terminar, algunas características hacen de ciertos planetas de fuera de nuestro sistema solar un caso de estudio particular. Son tan distintos a lo que conocemos que debemos preguntarnos qué mecanismos han intervenido en su

formación. Por ejemplo, TrEs-2b situado a 750 años luz de distancia es el planeta más oscuro conocido. Tanto que refleja menos del 1 % de la luz que su estrella le envía. Se trata de un mundo gaseoso como nuestro Júpiter, pero más negro que el carbón. En Júpiter, las nubes de amoníaco reflejan más de un 30 % de la luz. En cambio, TrES-2b carece de nubes reflectantes como es el caso de Júpiter debido a la elevada temperatura que reina en él por su gran cercanía.



Capítulo 12

Agujeros negros

Este tema que ha apasionado a científicos de todo el mundo no ha dejado de ser de actualidad ni ha dejado de ser estudiado. La idea de este capítulo es recordar cómo ha evolucionado este fenómeno astronómico que tanto ha apasionado a científicos de todo el mundo.

Una de las fuerzas de la naturaleza con la que estamos más familiarizadas es sin duda la fuerza de gravedad. Por ejemplo, si lanzamos una piedra observaremos su caída. Esto sucede con cualquier objeto que cae. Sabemos que en la naturaleza en el reino de lo más pequeño, tiene más poder fuerzas tales como la electromagnética, así como la fuerza nuclear fuerte y la débil.

ANTECEDENTES DE UN AGUJERO NEGRO

Por otro lado, el tema central de este capítulo es el estudio que a través de muchos años de la historia de la ciencia se ha hecho sobre los agujeros negros.

Los agujeros negros se deducen de una forma natural, y de las implicaciones de la llamada gravitación universal, tal así que el primero en especular sobre su existencia fue el físico Isaac Newton. Además, el clérigo y filósofo de la naturaleza inglés, John Mitchell, que estudiaría en Cambridge y con el paso del tiempo enseñaría aritmética, teología, griego, filosofía y su especialidad la geología, dice en un artículo publicado en el año de 1783 que estaba dirigido a la Royal Society. “Si en la naturaleza cuerpos cuyo diámetro excediera quinientas veces la del sol, ejercieron una atracción gravitacional tan fuerte que toda la luz emitida por un cuerpo se vería obligado a regresar a él por su propia fuerza de gravedad”.

Mitchell bautizó a una especie de estrellas oscuras a esos fenómenos que muchos años después se les bautizaría como agujeros negros.

El astrónomo y matemático Pierre-Simón Laplace dejaba constancia de una idea similar: “Una estrella de la misma densidad que la tierra y cuyo diámetro fuera de unas doscientos cincuenta veces mayor que el sol, no permitiría a causa de la atracción gravitatoria que ninguno de los rayos de luz nos alcanzara, en consecuencia es posible que los mayores objetos luminosos del universo sean invisibles”.

Menciono que ni Mitchell ni Laplace consideraban a sus estrellas invisibles como otra cosa que artefactos teóricos. No solo no se tenía constancia de que ningún objeto de una densidad que siquiera acercara a lo necesario para atrapar la luz, sino que el concepto de atrapar a esta no existía.

DESARROLLO TEÓRICO Y LA FÍSICA DE UN AGUJERO NEGRO

Cuando el físico alemán Albert Einstein propuso que la gravedad no era otra cosa que la misma curvatura espacio-tiempo y que la luz se vería afectada en su trayectoria en presencia de dicha curvatura, pocos meses después el físico Karl Schwarzschild aplicó las ecuaciones de Einstein al caso de una masa esférica no rotante, donde se da cuenta de una singularidad (es decir, donde las magnitudes físicas como la densidad pasaban a tener valores infinitos). Dicha singularidad se podría ubicar en el interior de una superficie circular de un radio determinado.

Pasaron un par de décadas para que el físico estadounidense J. Robert Oppenheimer publicara en el año de 1939 un artículo mostrando que era posible, físicamente, que un colapso gravitatorio de una estrella diera como resultado un agujero negro. A partir de 1964, iniciaría la época dorada de la investigación teórica de los agujeros negros, con la participación de algunos nombres de la física, Penrose, Hawking, Novikov, Carter y Rees por citar algunos.

Meses después, John A. Wheeler le daría el nombre de agujero negro a estos fenómenos astronómicos. Por otra parte, consideremos a un agujero negro y materia orbitando en

torno a él, y conforme esta se va acercando a dicho agujero negro, aumenta la atracción gravitatoria y la materia necesitaría una velocidad mayor para mantenerse en órbita sin ser atrapado por el objeto central.

Llegara el momento en que la materia necesitara viajar a la velocidad de la luz para no ser engullida por el agujero negro. Esta sería la última órbita estable del material atraído por dicho agujero y cualquier partícula que superara esta frontera sería atrapada.

El horizonte de sucesos puede pensarse desde la perspectiva no de un objeto que cae hacia el agujero negro, sino desde otro que intenta salir de él en este caso. En este caso se trataría de un agujero negro estático. Esta frontera se conoce también como radio de Schwarzschild o radio gravitatorio.

Cuando se trata de un agujero negro estático, también se le llama agujero negro de Schwarzschild, se calculan los radios de los agujeros negros imaginarios con masas equivalentes a la tierra y al sol que he citado.

Podemos imaginar el agujero negro como una especie de embudo a través del cual la materia se precipita hacia su interior. De manera que la curvatura del agujero negro se iría incrementando hasta el extremo.

En el caso de que un agujero negro esté en rotación, mejor conocido como “agujero negro de Kerr”, su estructura tendría la forma de un elipsoide en el lugar de una esfera debido al achatamiento producido por la rotación tal y como sucede con la tierra. En este sentido, el horizonte de sucesos sería menor que para un agujero negro estático. El espacio que presenta el horizonte de sucesos en forma de elipsoide con respecto al esférico se conoce como ergosfera del agujero negro.

La rotación de un agujero negro también modifica el valor de la última órbita estable del material que esta cayendo hacia él, de modo que se consiguen en diferentes valores según la orientación relativa de la rotación del agujero negro y de la materia que cae.

Cuando ambos rotan en la misma dirección la materia puede aproximarse hasta distancias de un radio de Schwarzschild, mientras que si lo hacen en sentido contrario, la última órbita estable se situará a una distancia aproximada.

En todo proceso de creación solo se conserva información sobre tres de sus propiedades: la masa, el momento angular (en caso que se encuentren en rotación) y la carga eléctrica (si está cargada) técnicamente a esta propiedad se le conoce como “teorema de la existencia de pelo del agujero negro”. Podemos decir que un agujero negro tiene melena, pero se ha perdido información sobre ella.

Por otro lado, el principio de relatividad general establece que la velocidad de la luz es constante en cualquier sistema de referencia, es decir, no depende de la velocidad del observador. Esto trae consecuencias radicales. El espacio y el tiempo deben tratarse de manera conjunta. Si la relatividad especial trastoca la idea de un tiempo absoluto, la relatividad general por su parte cambió nuestras nociones acerca de la gravitación.

Una de las mayores contribuciones físicas sobre los agujeros negros fue descubierta y estudiada por el físico Inglés Stephen Hawking, quien predijo en el año de 1974 que los agujeros negros emiten radiación térmica y que dicha radiación era tanto mayor cuanto menor fuera su masa y por lo tanto su tamaño. De manera que un agujero negro con la masa del sol tendría una temperatura de radiación de $.000004\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$ corresponden a 273 K), si tuviera la masa de la tierra, sería de $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ahora consideremos dos cosas, un agujero negro de una masa de mil millones de soles, como los que parecen ser el motor central de las galaxias, tendría una temperatura de 10^{-45} K . Sin embargo, un agujero negro con una masa de 10^{18} Kg (quizá la masa de una montaña), tendría unos $7\text{ }000\text{ K}$; tengamos en cuenta que su tamaño sería de unos 10^{-3} cm (el tamaño de un protón). Podría decirse que un agujero negro es una estrella en miniatura. La aportación de Hawking fue muy importante. Imaginemos que el agujero negro perdiera masa y por lo tanto, disminuiría su tamaño hasta desaparecer. A este proceso se le conoce como evaporación de un agujero negro. La evaporación conduce a que el agujero negro se vaya haciendo cada vez más pequeño, pero también más caliente.

Además la emisión de radiación va creciendo de forma progresiva, porque a las partículas les resultará más fácil escapar. Este proceso de evaporación de los agujeros negros es

muy lento. Un agujero negro con una masa idéntica a la del sol requerirá un tiempo muy superior a los 13 800 millones de años, la edad del universo.

Por lo tanto, para poder ver la evaporación de un agujero negro este se tendría que haber formado poco después del *Big Bang*. A estos agujeros negros hipotéticos se les conoce como primordiales.

La temperatura de un agujero negro es inversamente proporcional a su masa (conforme la masa aumenta, disminuye su temperatura), de modo que los agujeros negros de aproximadamente 10^{-5} g sería elevada su temperatura 10^{21} K; pero los de 10^{15} g hasta 10^{21} K; y para los de la masa del sol, de 10^{-7} K. Al evaporarse un agujero negro primordial debería producir chorros de partículas muy similares a las que se encuentran en los grandes aceleradores de partículas aquí en la Tierra.

¿Qué relación tienen los agujeros negros con la entropía? Para responder nos hacemos la siguiente pregunta: ¿Qué es la entropía de un sistema? Veamos un ejemplo: consideremos una caja llena de gas, que está definida por magnitudes observables tales como la temperatura, la presión y el volumen. Estas propiedades pueden ser una ordenación posible de sus moléculas, es decir, cuanto mayor número de ordenaciones posibles haya, mayor será la entropía del sistema. La entropía total aumenta con el tiempo aunque en sistemas individuales que interaccionan con el medio, la entropía puede deducirse momentáneamente a costa de aumentar mucho la del medio.

Pero en un horizonte de sucesos la entropía tiende a aumentar con el tiempo. En un agujero negro las propiedades térmicas dependerán de la gravedad y de la mecánica cuántica, por lo que debemos detenernos en el umbral que nos separa de la llamada gravedad cuántica.

La diferencia entre un agujero negro y una estrella surge de una simple cuestión de densidad con la gravedad enfrentando a fuerzas que se le oponen. El resultado de la formación de un agujero negro de una implosión de una estrella gira del colapso y de su propio colapso, que en las proximidades de su horizonte de sucesos se genera una especie de remolino. En el año de 1969, el británico Roger Penrose realizó un descubrimiento muy importante: descubrió un agujero

negro en rotación, teniendo la capacidad de almacenar energía rotacional que puede ser extraída y utilizada, formando átomos de materia de partículas relativistas que emanan de las partes centrales del disco. Menciono que el pasado 2020 se les otorgaron el premio Nobel de física a los científicos Roger Penrose, Reinhard Genzel y Andrea Ghez, precisamente por sus descubrimientos en torno a los agujeros negros y su relación con la teoría de la relatividad y por hallar uno en el centro de la Vía Láctea. Según la Academia Sueca, se les distinguió por el descubrimiento de un objeto compacto supermasivo en el centro de nuestra galaxia.

Establecidas las bases teóricas para la existencia de los agujeros negros, no hacemos ahora la siguiente pregunta. ¿Dónde se pueden localizar estos objetos? Los agujeros negros no emiten luz y su localización no es fácil. Entre las décadas de 1960 y 1970 investigadores planearon la posibilidad de buscarlos en sistemas binarios, por eso la importancia del descubrimiento de un agujero negro supermasivo en nuestra galaxia por los científicos anteriormente mencionados.

Consideremos un sistema binario formado por una estrella normal y un agujero negro estelar que están en órbita el uno con respecto a la otra. Si se observara el sistema binario con un telescopio se detectaría la luz de la estrella, pero podemos intuir la presencia de una estrella compañera, porque se produciría un desplazamiento de la longitud de onda a la que omite la luz por el movimiento orbital. Dicho desplazamiento será proporcional a la masa del objeto.

Pero no esto no significa que con este método se haya detectado un agujero negro, sino que puede ser una estrella de neutrones o simplemente una estrella fría.

Fue el ruso Yakov Zeldovich quien daría con la idea clave. Las estrellas van perdiendo masa a lo largo de su vida y forman los llamados “vientos estelares”, que envuelven de gas a la estrella. Si una estrella tiene una compañera que es un agujero negro este podría atraer gravitatoriamente el gas del viento estelar, acelerarlo y hacerlo orbitar en torno a él, aumentando la temperatura de dicho gas a millones de grados. El gas a temperaturas altas emite radiación en el rango de energía de los rayos X.

Recordemos que el agujero negro está rodeado por el disco de acreción a través del cual la materia va cayendo hacia el objeto central. El material acretado tiene un momento angular que necesita eliminar antes de caer hacia el agujero negro central.

Esta brillante idea sirvió para descubrir el primer agujero negro estelar, bautizado con el nombre de Cygnus X-1, abreviado como Cyg X-1, con una masa superior a siete veces la masa del sol. De manera que se pudo detectar la segunda fuente más brillante en rayos X del cielo. Su confirmación como agujero negro permitió al físico estadounidense Kip Thorne, también ganador del premio Nobel, ganar la apuesta que hizo con el físico Stephen Hawking sobre la naturaleza del objeto. En el año de 1991 Hawking acepta su derrota, considerando que podía tratarse de una estrella de neutrones.

Por otro lado, los estudios en rayos X no proporcionan de por sí valores para la masa de los agujeros negros, pero dan información al momento angular de un agujero negro.

Como se ha dicho, un agujero negro viene caracterizado por tres parámetros: su masa, momento angular y su carga. Por ello la determinación del momento angular es importante. Si el agujero negro creció en una o en un número limitado de eventos en los que se alimentó de materia, adquirió el momento angular de la materia que iba cayendo, rotará rápidamente y tendrá un espín culto. De manera que el sentido del espín próximo trae información fósil de cuarenta millones de veces la del sol, y el segundo volumen en el que está concentrado apunta claramente a la identidad del objeto central un agujero negro.

Un agujero negro supermasivo, cuya masa se encuentra comprendido entre millones y miles de millones de veces la masa del sol, sería el candidato ideal.

Los agujeros negros de este tipo no siempre se encuentran activos, pero cuando lo están generan uno de los escenarios más luminosos y espectaculares que pueden contemplarse en el universo.

Como se ha mencionado un agujero negro es por definición un cuerpo con una velocidad de escape o igual a la de la luz. Esto significa que nada de lo que cae en él pueda escapar, puesto que no se conoce nada que viaje a la velocidad de

la luz. La fuerza gravitatoria atraerá todo lo que pasa cerca. La pregunta que nos haríamos es ¿La Tierra podría ser absorbida por un agujero negro? La respuesta a esta pregunta sería por el momento no, aunque en nuestra galaxia Vía Láctea se menciona la existencia de un agujero negro. Pero que nuestra tierra sea absorbida por uno por encontrarse en nuestra galaxia es solo una posibilidad. Lo más importante es conocer las características de todo objeto astronómico de esta naturaleza. Actualmente se sigue investigando sobre la existencia de estos fenómenos astronómicos e incluso se ha logrado capturar uno en imagen.



Capítulo 13

Origen y futuro de los viajes espaciales

ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LOS VIAJES ESPACIALES

En octubre del año de 1849 un joven de apenas dieciocho años terminaba de leer el libro cuyo título era “La guerra de los mundos” del gran escritor de novelas de ciencia ficción H.G. Wells. Este joven que le gustaba leer novelas de ciencia ficción como la que acabo de mencionar era Robert Goddard, que muchos años después acabaría perfeccionando el primer cohete espacial con combustible líquido, poniendo de esa manera en marcha acontecimientos que cambiarían el curso de la historia humana.

Goddard fue uno de los pioneros que, a pesar de su aislamiento y la burla de sus colegas, siguió adelante con su proyecto. Otro de los primeros visionarios fue el gran científico ruso Konstantin Tsiolkovski, que estableció las bases teóricas del viaje espacial y abrió el camino a otros, como sería el caso de Goddard.

Tsiolkovski vivió en la pobreza, pero siendo muy joven se la pasaba en la biblioteca devorando publicaciones científicas, aprendiendo las leyes del físico Isaac Newton y tratándolas de aplicar al viaje espacial. Su sueño era viajar a la Luna y a Marte. Él mismo desentrañó cálculos matemáticos, físicos y mecánicos que hacían posible la existencia de los cohetes, y cálculo la velocidad de escape de la tierra, que es de 40 000 km/h.

Para el año de 1903 publicó su famosa ecuación que nos permite determinar la velocidad máxima de un cohete, dando su peso y presión de combustible.

Dicha ecuación revelaba que la relación entre la velocidad y el combustible es exponencial, es decir, en forma creciente. En forma general se podría suponer que si se quiere

duplicar la velocidad de escape solo se necesita duplicar el combustible. Pero en realidad, la cantidad de combustible necesaria aumenta de forma creciente con el cambio de la velocidad, de modo que para alcanzar un poco más de velocidad se necesita enormes cantidades de propulsión. En relación exponencial se dejaba claro que serían cantidades necesarias ingentes de combustible para salir de la tierra.

Con esta fórmula Tsiolkovski sería capaz por primera vez de calcular la cantidad exacta de combustible que se necesitaría para llegar a la luna, mucho antes de que su visión se hiciera realidad.

El principio filosófico por el que se regía Tsiolkovski era o así lo llamaba como “La tierra nuestra cuna”, pero no podemos quedarnos en la cuna para siempre. Aunque Tsiolkovski pudo convertir ecuaciones matemáticas en modelos reales, el siguiente paso lo dio Robert Goddard. Dirigió su curiosidad hacia la creación de un instrumento científico utilizable, introduciendo tres innovaciones.

Su primer experimento fue con diferentes tipos de combustible y se dio cuenta de que su variante en polvo es ineficaz. Los chinos habían inventado la pólvora a principios del siglo X d. C. Los primeros experimentos chinos con pólvora consistieron en su uso como medio incendiario y como propulsor de cohete para misiles ligeros. En 1231 se produjeron granadas explosivas llenas de pólvora y a finales del siglo XIII los chinos disparaban proyectiles como pistolas de cañones.

Regresando al tema, la primera muestra del experimento de Goddard fue sustituir el combustible en polvo que ardiera de manera limpia y uniforme. Posteriormente, construyó un cohete con dos depósitos, uno lleno de combustibles. Por ejemplo, alcohol, y otro lleno de oxidante, como oxígeno líquido.

Estos líquidos pasaban por una serie de tubos y válvulas hasta llegar a la cámara de combustión, generando una explosión cuidadosamente controlada que podía propulsar un cohete.

En su segunda innovación, consistía en construir cohetes de varias etapas, que se desprendían de los depósitos de combustible vacíos y así se libraban de peso muerto por el camino que comenzaba de forma considerable su alcance y eficiencia.

En tercer lugar, introdujo los giroscopios. Su eje siempre apunta hacia la misma dirección, apunta hacia la misma dirección, aunque lo cambiemos de posición.

En 1926 hizo historia en el primer lanzamiento exitoso de un cohete con combustible líquido. Ascendió hasta doce metros de altura, voló durante 2.5 segundos y aterrizó a cincuenta y tres metros de distancia en un campo de coles.

A pesar de sus éxitos, Goddard resultó ser un blanco ideal para las burlas de los medios. En 1920 sus trabajos fueron objeto de críticas desde el periódico "The New York Times". Goddard muere en 1945 y no vivió para ver que su sueño se había hecho realidad.

Hasta aquí he mencionado que en la primera fase de los cohetes, soñadores como Tsiolkovski trabajaron la física y las matemáticas sobre el viaje espacial. En la segunda fase hubo personas, como fue el caso de Goddard, que construyeron los primeros prototipos que podrían ser cohetes espaciales. En la tercera fase estos científicos llamaron la atención a los gobiernos. Werner Von Braun con los bocetos, sueños y modelos de sus predecesores y con ayuda del gobierno alemán y más tarde el de Estados Unidos, creó los cohetes comunes que pudieran llevarnos a la luna.

El departamento de artillería del ejército alemán siempre buscaba nuevas armas de guerra. Se fijó en Von Braun, ofreciéndole una generosa oferta. Su trabajo era tan confidencial que su tesis doctoral fue declarada secreta por el ejército y no se publicó hasta el año de 1960.

Históricamente el partido Nazi le ofrecería el sueño de su vida: dirigir un gigantesco proyecto para construir el cohete del futuro, con un presupuesto casi ilimitado y con la colaboración de la ciencia alemana. Von Braun aseguraba el hecho de que le ofrecieron afiliarse al partido Nazi e incluso a la SS era un hito de transición para los empleados del gobierno y no un reflejo de sus ideología política.

Bajo la dirección de Von Braun, los garabatos y bocetos de Tsiolkovski y los prototipos de Goddard se convirtieron en el misil balístico Arma de represalia 2, una revolucionaria arma de guerra que aterrorizó Londres y Amberes, volando en pedazos manzanas enteras de las ciudades. El V-2 era un arma potente y medía 14 metros de altura y pesaba 12 800

kilos. Podía viajar a una velocidad de 5 700 kilómetros por hora y alcanzaba una latitud máxima de casi 100 kilómetros. Chocaba contra el blanco a tres veces la velocidad del sonido, por lo que no daba un aviso. El V-2 estableció un récord mundial y tenía un alcance operativo de 320 kilómetros. Fue el primer misil balístico de largo alcance y el primer cohete que rompería la barrera del sonido.

Parecía que Europa dependía de un pequeño grupo de científicos dirigido por Von Braun. El éxito de las avanzadas armas alemanas tuvo un costo humano tremendo. Se lanzaron más de 3000 cohetes V-2 contra los aliados que provocaron 9000 muertos. Se calculó que la mortandad fue aún mayor, por lo menos de 12 000 entre los prisioneros de guerra que construían los cohetes V-2 en trabajo esclavo. Von Braun se dio cuenta que la situación se le había escapado de las manos.

Braun lamentó haber trabajado para los nazis, de hecho hubo un traidor que escuchó estos comentarios, de manera que la Gestapo lo aprendería y fue prisionero por un tiempo.

Después Albert Speer, cercano a Adolfo Hitler, intervino por él salvándole la vida . En 1946, Von Braun y cien de sus colaboradores se rindieron ante los aliados. Todos ellos, junto con 300 vagones de ferrocarril cargados de cohetes V-2 y de sus componentes, fueron llevados en secreto a Estados Unidos. Esto formaba parte de un programa llamado operación Paperclip, cuyo fin era interrogar y reclutar a científicos que habían trabajado para los nazis.

El ejército estadounidense estudió al V-2, que con el tiempo se convertiría en la base del cohete Redstone, de manera que se limpiaría el historial de Von Braun y sus colaboraciones. En los años 20 y 30, los altos cargos del gobierno estadounidense perdieron una oportunidad estratégica al no reconocer el trabajo que Goddard estaba haciendo en su propio territorio. Después de la guerra perdieron una segunda oportunidad estratégica con la llegada de Von Braun. Tiempo después el ejército con Von Braun creó el cohete Redstone, mientras que la marina tenía el misil Vanguard y la fuerza aérea el Atlas.

Mientras que el programa de Estados Unidos avanzaba a trompicones, los rusos progresaron rápidamente con el suyo.

Stalin y Nikita Khrushchev vieron clara la importancia estratégica y le dieron máxima prioridad.

Uno de los principales objetivos tanto de Estados Unidos como de la Unión Soviética era lanzar el primer satélite artificial. De hecho, fue Isaac Newton quien propuso por primera vez ese concepto.

Por ejemplo, en una gráfica, Newton explicaba que si disparamos una bala de cañón desde lo alto de una montaña ésta caerá cerca de la base de la montaña. De esta forma la bala de cañón se encuentra en caída. De manera que Newton logró calcular el movimiento de las balas de cañón, de los satélites, de los planetas, casi de todo. Por ejemplo, aplicando sus leyes del movimiento, se puede mostrar que para que la bola de cañón describa una órbita alrededor de la tierra hay que dispararla a 29 000 kilómetros por hora.

La visión de Newton se haría realidad cuando los soviéticos lanzaron el primer satélite artificial del mundo, el Sputnik, en octubre de 1957.

Los estadounidenses se dieron cuenta al instante de que los soviéticos iban a la cabeza de la carrera espacial. La humillación se agravaría cuando meses después: el misil Vanguard de la marina sufrió una catastrófica falla en televisión internacional. Dicha humillación continuó con el fracaso del segundo lanzamiento de una Vanguard.

Pero una serie de acontecimientos históricos relacionados con el lanzamiento de viajes al espacio cubrieron los titulares durante los años que se dieron estos eventos, estos son los siguientes:

- 1957.-** El Sputnik 2 puso en órbita al primer animal, una perra con el nombre de Laika
- 1957.-** El Lunik 1 fue el primer cohete que voló más allá de la Luna
- 1959.-** El Lunik fue el primero en caer en la Luna
- 1959.-** El Lunik 3 fue el primer misil que fotografió la cara oculta de la Luna
- 1960.-** El Sputnik fue el primero en regresar del espacio con animales vivos
- 1961.-** El Venera 1 fue la primera sonda que llegaría más allá de Venus

El programa espacial ruso alcanzó su mayor momento de gloria en 1961 cuando el cosmonauta Yuri Gagarin orbitó la Tierra y volvió vivo.

Como también se sabe, el programa espacial de Estados Unidos fue creado por el entonces Presidente Dwight Eisenhower inaugurando la NASA. Después el Presidente John F. Kennedy como respuesta al viaje orbital de Gagarin, pidió que se agilizara un programa para llevar seres humanos a la Luna antes de que terminara la década de los sesenta.

Para 1966 un pasmoso 5.5 % del presupuesto federal de Estados Unidos se dedicaba al programa lunar. Primero, y de manera cautelosa trabajó en la tecnología necesaria para lograr el aterrizaje a través de varios lanzamientos.

Primero fue el programa Mercury tripulado por un solo hombre, después los Gemini con dos tripulantes. Además, la NASA fue dominando poco a poco el viaje espacial.

Al principio los astronautas abandonaron la seguridad de sus vehículos espaciales para llevar a cabo los primeros pasos espaciales. Luego los astronautas aprendieron el complicado arte de acoplar su nave con otra.

Llamaron a Von Braun para construir el Saturno V, que iba a ser el mayor cohete jamás construido. Se consideraba como una muestra de lo que la ingeniería era capaz. Medía dieciocho metros más que la estatua de la libertad. Podía acarrear una carga de 14 0000 kilos y ponerla en órbita alrededor de la tierra. Y lo más importante, podía llevar grandes cargas a más de 40 000 kilómetros por hora, que es la velocidad de escape de la tierra.

La NASA era consciente de un desastre fatal. Recordemos que una de las misiones de mayor éxito fue el alunizaje en la superficie lunar del Apolo 11, el 20 de julio de 1969.

Los rusos también tuvieron su oportunidad en la carrera hacia nuestro satélite, aunque encontrándose con dificultades. Korolev, que había dirigido el programa espacial soviético, murió en el año de 1966 y el cohete V-1, que habría tenido que llevar a la Luna a los astronautas rusos, falló cuatro veces. Pero la economía soviética estaba muy oprimida por la llamada Guerra Fría y no podía competir con la estadounidense que era dos veces mayor.

Con las siguientes misiones hubo problemas con la lanzadera, que para empezar estaba diseñada para ahorrar dinero. Los costos se dispararon, de modo que cada lanzamiento costaba unos mil millones de dólares. Una órbita próxima a la tierra costaba unos 88 000 dólares por kilo, cuatro veces lo que valdría cualquier otro sistema de envío.

El físico Freeman Dyson del Instituto de Estudios Avanzados de Princeton en Nueva Jersey, mencionó en una ocasión que la razón de las deficiencias de la lanzadera se debía a que nunca se produjo una diferencia entre el aspecto comercial y el personal y solamente se trata únicamente de intereses comerciales que se impusieron sobre los intereses científicos y de investigación.

LA NUEVA ERA DE LOS VIAJES ESPACIALES

El nuevo programa espacial de los Estados Unidos tiene en su plan lanzar viajes tripulados hacia el planeta Marte, así como el regreso a la Luna.

El 8 de octubre del año 2015 la NASA declaró su objetivo a largo plazo, de un plan para llegar al planeta enigmático de Marte y confirmar todos los descubrimientos de sondas espaciales que lo han inspeccionado, ya que lo que sabemos del planeta rojo es únicamente a través de fotografías.

Para llevar a cabo este programa espacial, la NASA primero está preparando como punto intermedio para llegar al planeta Marte el regreso a la luna.

Para volver a nuestro satélite, la NASA está combinando el cohete transbordador SLS (Space Launch System) y el módulo espacial Orión.

En el año 2011 el entonces presidente Barack Obama canceló el programa *Constellation* (Constelación), pero la NASA consiguió rescatar el módulo de este programa, la cápsula Orión, y también el enorme cohete transbordador SLS, que todavía se encontraba en fase de planeación.

En la actualidad está previsto que el SLS/Orión realice un vuelo tripulado a la Luna a mediados de la década del 2020.

Lo primero que se advierte del sistema SLS/Orión es que no se parece en nada a su predecesor inmediato que es el

transbordador espacial. Sin embargo, es similar al Saturno V. Los astrónomos en lugar de ir sentados en una nave separada del cohete transbordador, como lo hacían en la lanzadera espacial, ascienden en una cápsula montada directamente en lo alto del cohete como fue la nave Apolo en el Saturno V en la década de los años sesenta.

A diferencia de la lanzadera espacial, el SLS/Orión se dedicará en su mayor parte a transportar astronautas y no cargamentos. Además el SLS /Orión no está diseñado para llegar tan solo a una órbita cercana a la Tierra. Por el contrario, como el Saturno V, está construido para alcanzar la velocidad de escape.

La cápsula Orión está pensada para que la ocupen de cuatro a seis tripulantes, pero se viajaría muy apretado. Mide 4.9 metros de diámetro, 3.3 metros de altura y pesa aproximadamente 25 toneladas.

A diferencia del Saturno V, que estaba creado para llegar a la Luna, el cohete SLS puede ir hasta casi cualquier sitio de la Luna, a los asteroides e incluso al planeta Marte.

Para esta misión, dos multimillonarios tomaron la iniciativa para acelerar el programa. Uno de ellos es Jeff Bezos, fundador de Amazon y propietario del Washington Post; y Elon Musk, fundador de PayPal, Tesla y Space X.

La cápsula llevará a tres astronautas en un viaje sin precedentes en la historia humana: un encuentro con otros cuerpos celestes.

Para entrenar a los astronautas, la NASA utiliza el cometa del vómito, un avión KC-135 que puede simular la ingravidez. El “cometa del vómito” asciende a toda velocidad, apaga de pronto sus motores durante unos 30 segundos y cae. Los astronautas son como una piedra lanzada al aire que se encuentran en caída libre. Al final del viaje en el New Shepard, la cápsula abre el paracaídas y aterriza con suavidad en un terreno firme usando sus propios cohetes.

En la década de los noventa se descubriría la presencia de grandes cantidades de hielo en el hemisferio sur de nuestro satélite. El origen más probable de este hielo son los impactos de cometas en tiempos pasados del sistema solar.

Los científicos han analizado las rocas lunares que trajeron los astronautas de la misión Apolo y creen que en el

satélite pueden existir otros elementos de interés económico. Recientemente en octubre de 2020 se ha confirmado la presencia de moléculas de agua en el cráter Clavius. La misión planeada a nuestro satélite comprobaría todos estos descubrimientos en su superficie.

Por otro lado, un factor que limita el tiempo que nuestros astronautas pueden permanecer en la Luna es el abastecimiento de comida, agua y aire, puesto que las provisiones que pueden cargar se agotarían en pocas semanas. Se planea que los futuros astronautas tengan que permanecer mucho tiempo en la Luna.

Ahora la NASA se encuentra en posición envidiable para lanzar un cohete tripulado hacia el planeta Marte, un viaje más largo que la Luna.

También los europeos, chinos y rusos han expresado el deseo de enviar una misión tripulada al planeta rojo entre los años 2040 y 2060, pero la financiación para estos proyectos es problemática.

En un futuro nuestras cápsulas espaciales tendrán que girar para que la fuerza centrífuga (por los cursos básicos de física, la fuerza centrífuga es aquella que tiende a desplazar hacia afuera los objetos en rotación) pueda generar gravedad artificial. Este es el efecto que se experimenta cada vez que vamos a la feria y nos subimos al cilindro giratorio de un rotor o gravitón. La fuerza centrífuga produce gravedad artificial y nos empuja hacia la pared del cilindro.

Por el momento, construir un vehículo espacial giratorio saldría demasiado caro para los especialistas y los que financian la misión y el concepto es difícil de ejecutar. La cabina giratoria tendría que ser bastante grande, pues de lo contrario la fuerza centrífuga no se distribuiría uniformemente y los astronautas sufrirían mareos. Existe también el problema de la radiación en el espacio, sobre todo en el sistema solar. Los astronautas que viajen a Marte tendrían que cruzar los cinturones de radiación que rodean la tierra, que podrían exponerlos a fuertes dosis y aumentar su propensión a ciertas enfermedades y el envejecimiento prematuro.

Los rayos cósmicos procedentes del espacio exterior son a veces tan intensos que los astronautas ven diminutos

destellos de luz cuando las partículas subatómicas ionizan el fluido de globos oculares.

En el año 2017 la NASA y Boeing revelaron los detalles del plan para llegar al planeta Marte. Las características complejas de este viaje y la tripulación deben prepararse con tiempo para poder llegar con éxito a la superficie del planeta y descubrir los misterios que tanto se ha especulado sobre el planeta rojo.

Gracias a los viajes espaciales y posteriormente el lanzamiento de sondas espaciales y también la puesta fuera de la atmósfera de potentes Telescopios Espaciales como son el Hubble, James Webb o el Kepler, que al igual de las sondas espaciales mandan fotografías para analizarlas por los especialistas, nosotros sabemos qué hay más allá de nuestro planeta. Por ejemplo, y recientemente publicado en la revista *Nature* de astronomía, científicos han publicado que el planeta Venus tiene el potencial de albergar vida. Los estudios determinaron que en las capas nubosas de venus se encuentra aparentemente el llamado gas fosfano, que existe también en la tierra y que es un derivado del fósforo, cuya presencia podría explicar procesos derivados de la posible existencia de seres vivos, esto es de microorganismos que vivan en la superficie del planeta Venus. Pero meses después se desmintió que lo encontrado no era dicho gas sino ácido sulfúrico.

Para terminar, el futuro de los viajes espaciales nos traerá muchas sorpresas para saber más de nuestro universo.



Capítulo 14

Agua en el sistema solar

ANTECEDENTES

A medida que se estudia nuestro Sistema solar y que las distintas sondas espaciales nos han mandado fotografías en donde se aprecia en distintos lugares del universo señales del vital líquido: agua.

Para el caso de la Tierra, se ha visto desde el espacio exterior, y como se sabe el 71 % de nuestro planeta está cubierto de agua. La pregunta es: ¿Cuál es el origen de toda esta agua? La agregación gravitatoria generó cuerpos cada vez mayores hasta formar la Tierra y el resto de los componentes actuales del sistema solar.

Con una primera aproximación, se sospecha que el agua habría viajado hasta la Tierra desde donde más abunda, la zona conocida como “Línea de nieve”.

Por lo anterior, uno de los donadores de agua favoritos han sido los cometas, esas bolas de nieve cósmica sucia, mitad hielo y mitad polvo. Hay dos reservas principales de cuerpos convertibles en cometas en el sistema solar: “El cinturón de Kuiper” y “La nube de Oort”.

NUBE DE OORT

Es una corona esférica localizada hacia la mitad de la distancia que separa al sol de Alfa Centauri (el sistema estelar más cercano), a unos cinco mil unidades astronómicas de distancia. Contiene billones de cuerpos que pueden ser perturbados en su órbita y dirigidos hacia el interior del sistema solar por las interacciones estelares y la gravitación galáctica. Allí se originan generalmente los cometas de período largo que se acercan al sol cada doscientos años o más.

CINTURÓN DE KUIPER

Comienza a partir de la órbita de Neptuno a unas treinta UA. Sus cuerpos se escapan hacia el interior del sistema solar por las perturbaciones de los planetas gigantes, especialmente el planeta Neptuno ya citado.

Sin embargo, la hipótesis acerca del origen cometario del agua sufrió un revés cuando se encontraron cometas como Halley, Hyakutake y Hale-Bopp procedentes de la nube de Oort, que tienen una riqueza en deuterio de 310 ppm, unas dos veces superior al agua de la superficie terrestre (156 ppm). De modo que estos cometas no deben ser muy importantes en el aporte de agua a la Tierra.

Pero aún se mantenían como posibles candidatos y aportadores de agua los cometas de período corto, con períodos orbitales inferiores a veinte años.

Muchos de ellos tienen órbitas muy afectadas por el planeta Júpiter y por eso se les conoce como cometas de la familia de Júpiter, que probablemente proceden del cinturón de Kuiper.

Cuando al fin se logró determinar gracias al telescopio espacial Herschell la relación D/H de algunos de estos cometas, como es el caso del Hartley 2 y el 45P/ Honda-Mrkos Pajdusakova, resultó que tenía una proporción D/H (161 ppm).

La relación D/H en el agua superficial terrestre tiene un término medio de $1/6410$, es decir, que por cada 6410 átomos de hidrógeno, hay uno de deuterio. $1/6410$ es igual a 0.000156 o 156 partes por millón (ppm). Este cociente nos da una pista a seguir. Lo más sencillo es pensar que la fuente de agua terrestre debería tener una relación D/H similar.

Por otro lado, la misión Rosetta de la Agencia Espacial de Júpiter fue orbitar el cometa 67P/ Churyumov-Gerasimenko, cuya agua no tiene una relación D/H como la de los océanos, sino tres veces mayor.

También los asteroides del margen interno del cinturón a unas 2 UA del sol constituyen la fuente de muchos de los meteoritos pobres en agua.

En suma, los asteroides y cometas de período corto (los cinturones de asteroides y de Kuiper) son considerados por

muchos científicos los mejores candidatos para dar cuenta de la mayor parte del agua terrestre.

El planeta enano Ceres tiene 900 km de diámetro y la mitad de su masa puede ser agua. Se calcula que bastarían unas cinco veces (Ceres) para traer toda el agua terrestre. Recientemente han aparecido nuevos hallazgos acerca del posible origen extraterrestre del agua terrestre. Hace unos años se creía que nuestro planeta no podría albergar agua líquida sobre la superficie hasta que no alcanzara los quinientos millones de años de edad. Sin embargo, el estudio de ciertos cristales de circón concluyó que hubo agua líquida superficial en la tierra mucho antes, unos ciento cincuenta millones de años tras su formación.

Un estudio en el año 2017 dirigido por Anthony Bourtham, de la Universidad Nacional de Australia, sostiene que en esa época la tierra tenía muy pocas elevaciones y estaba casi totalmente cubierta de agua. Incluso hay indicios que hubo agua en la tierra virtualmente desde su comienzo.

En el año 2015, la investigadora Lydia Hallis de la Universidad de Glasgow y del Instituto de Astrobiología de la NASA en Hawái, lideró un grupo de científicos en busca de esa agua primordial.

Según Hallis, la relación D /H ya mencionada antes, aumentó desde la formación del planeta debido al escape preferente de los átomos ligeros de H. Aunque se perdiera, pudo restituirse a partir de la gran reserva interna del manto terrestre mediante la actividad volcánica y sería de manera innecesaria la hipótesis de que el agua provino de asteroides y cometas.

Se espera que el magma más profunda a 600-2800 km de la superficie tenga una relación d/h aún menor, al librarse del proceso de mezcla debido al ingreso de nueva agua al manto cuando una plaza de la corteza se sumerge bajo otra, en lo que se denomina subducción. Probablemente conservará la relación inicial D/H de las moléculas del agua primordial la que vino absorbida con el polvo y como parte del gas, los cuales formaron la tierra. El manto terrestre contendría aún grandes cantidades de esa agua, seguramente ligado a minerales, que nunca ha escapado a la atmósfera a través de los volcanes. Esa conservación del agua en el proceso de

formación planetaria sugiere que pueden abundar en el universo los planetas ricos en agua, incluso más allá de “la línea de nieve”.

MERCURIO

Considerado el planeta más pequeño de nuestro sistema solar puede alcanzar los 400° C.

En base a las observaciones de la sonda espacial Messenger de la NASA en 2012 y 2014, se descubrió que en este planeta hay agua congelada.

La existencia de hielo en Mercurio es fácil de explicar ya que por las noches alcanza una temperatura de -180° C y en las zonas poco o nada irradiadas por el sol la temperatura baja se mantiene, debido a la ausencia de atmósfera. En el polo norte se encuentran grandes depósitos de hielo, y por esa razón se habla de un mundo de hielo y fuego. Sin embargo, no se observan casquetes blancos, ya que se trata de hielo oscuro, conocido como hielo negro.

El origen del hielo para algunos científicos es extramercuriano. Del mismo modo que los cometas y asteroides trajeron abundante agua a la Tierra, lo harían también en el resto de los planetas.

Mercurio es el único planeta que posee una notable magnetósfera, generada por el núcleo externo del hierro líquido. Los iones seguirán las líneas de campo hasta los polos, quedando depositadas las trampas de frío, de cráteres en oscuridad permanente.

VENUS

Considerado el hermano gemelo de la tierra es un planeta muy seco. Los problemas de escasez de agua de Venus vienen dados por su cercanía al sol, ya que su temperatura superficial es de aproximadamente de 470 °C, que es mayor que la de Mercurio.

Venus fue perdiendo más y más agua y sus océanos se fueron secando. Al perder el agua en la superficie, no funcionó el mecanismo de efecto invernadero como en la tierra, de manera que el CO₂ se eliminó en la atmósfera, convirtiéndose

en rocas carbonatadas, originando un importante aumento del efecto invernadero.

El día de hoy la atmósfera de Venus tiene aproximadamente un 96 % de CO_2 y una presión atmosférica noventa veces superior a la terrestre. Todo se debe al ciclo de pérdida de agua que sufrió.

También Venus carece de la protección al viento solar de un campo magnético. La radiación, dicen los expertos, parece que rompió el H_2O , liberando el ligero H (hidrógeno), que se escapó fácilmente al espacio. La rotura por radiación ultravioleta también afectó al CO_2 pero su huida al espacio sería menor.

Los datos de la Sonda Venus Express (2005-2014) de la Agencia Espacial Europea (ESA) están a favor de que hace unos miles de millones de años, cuando el Sol era más frío y su zona habitable estaba más cerca a este, Venus llegó a tener océanos o lagos. Se puede decir que cuando había agua en Venus, podría haber surgido y evolucionado la vida.

AGUA EN LA LUNA

Antiguamente se pensaba que había agua en la Luna. Sin embargo, en el viaje tripulado, los astronautas Neil Armstrong y Edwin Aldrin pisaron lo que se llama el mar de la tranquilidad en el año de 1969. La Luna, a pesar de ser cuerpo hermano y compañera de la Tierra, es mucho más seca que ésta.

El calentamiento divino de este cuerpo sin atmósfera eleva sus temperaturas a 100°C . Sabemos que la baja gravedad que tiene se debe a su poca masa.

Pero a pesar de todo, algo de agua hay en la Luna. En 1994, la sonda Clementine, y en 1998 la lunar Proyectar, encontraron pruebas de la posible existencia de hielo en algunos de los cráteres polares, confirmada por la sonda Chandrayaan-1 en el año 2008.

A la baja presión de la atmósfera de la Luna el hielo iluminado por el sol se sublima y la baja gravedad lunar facilita que el vapor de agua se pierda hacia el espacio. Por las misiones Apolo entre 1960 y 1970 y el estudio de un meteorito lunar encontrado en el norte del Continente Africano, se

concluyó que la luna podría ser cien veces más húmeda de lo que se pensaba.

En el mes de octubre del 2020 se ha confirmado la presencia de moléculas de agua en el cráter Clavius.

MARTE

Las condiciones de este planeta son de baja presión y temperatura, por lo que apenas pueda existir de manera efímera agua líquida. El hielo abunda en los polos. Los casquetes polares de Marte están constituidos por CO₂ congelado y hielo de agua. Si se derritiera toda el agua del casquete sur, cubriría todo el planeta. Y el hielo subterráneo, que en 2016 encontró la NASA en la región de Utopía, es equivalente al volumen de agua del lago superior.

En el año 2006, la Misión Mars Global Surveyor de la NASA obtuvo pruebas fotográficas de los efectos de flujos de agua líquida muy recientes, quizá de unos diez años atrás. Las imágenes obtenidas en el año 2015 por la Sonda MRO (Mars Reconnaissance Orbiter) han demostrado la afluencia de agua líquida salada durante el verano marciano, cuando la temperatura sube unos 20 °C.

Lo que más resalta en la superficie del planeta es la existencia de dos tipos de canales. Unos son valles anchos que parecen productos de grandes flujos de líquidos que circulan rápidamente por la superficie. Otros son sinuosos, aparentes vestigios de una red fluvial muy ramificada a lo largo de cientos de kilómetros, sobre todo en el hemisferio sur.

Los datos obtenidos por el vehículo Curiosity de la NASA desde 2012 también apoyan la existencia de agua desde hace 3 500 millones de años, aunque por otro lado indican más concentraciones de CO₂ inferiores.

Hasta hace unos 3 800 millones de años, Marte debió de tener una atmósfera rica de CO₂ gracias a su intensa actividad volcánica, como la que origina el monte Olimpo, una montaña de casi veintidós km, siendo la más alta del sistema solar.

Debido al CO₂ que existe, la presión atmosférica es superior a la terrestre actual y la temperatura estaría por encima de los 0 °C.

Por esta misma razón, la existencia de agua sería muy abundante. La duda sería si el agua estaría presente de manera continua durante decenas o cientos de millones de años o en forma más esporádica.

Por otra parte, al congelarse CO_2 en las capas altas de la atmósfera, se reflejaría más radiación hacia el espacio y bajaría aún más la temperatura. Una importante fracción del CO_2 se congele y queda atrapado en los casquetes polares, otra parte se incorpora al suelo y muy poco permanece en la atmósfera.

El agua debió de sufrir una pérdida similar mediante la rotura en átomos de H y O causada por los rayos UV, seguida del arrastre del hidrógeno por el viento solar. El oxígeno procedente del CO_2 y de H_2O se perdería en parte por el mismo viento solar y el resto reaccionaría con rocas de la superficie, contribuyendo a que podamos hablar del planeta rojo. La pérdida en gran parte del CO_2 y de H_2O atmosféricos fue resultado del pequeño tamaño de Marte, que ocasionó su enfriamiento temprano y el fin del vulcanismo y la desgasificación. Marte es un planeta congelado y seco por esta causa.

Solamente tenemos pruebas a través de fotografías enviadas por las sondas espaciales de que en su superficie hay agua, por lo tanto queda la posibilidad de desarrollo de vida en Marte. Esto se confirmará en el viaje tripulado planeado para el 2030.

JÚPITER Y SUS SATÉLITES

Júpiter tiene un enorme tamaño y una gran envoltura gaseosa, muy abundante en hidrógeno y helio. La temperatura extrema de la atmósfera cae hasta unos -110°C y más abajo tenemos una zona templada, lo que llevó al astrónomo Carl Sagan a proponer que en ella podrían habitar microorganismos. A diferencia de los planetas rocosos, la forma dominante de carbono en su atmósfera no es el CO_2 sino el metano CH_4 .

El agua de Júpiter tiene otro atractivo, ya que fue probablemente el primer planeta que no quedó al sol y aún conserva material de la nebulosa solar primordial.

Los cuatro mayores satélites de Júpiter (Io, Europa, Ganímedes y Calisto) fueron descubiertos en el año de 1610 por el físico Galileo Galilei.

Europa presenta una superficie insólita, helada y plana, con grietas y pocos cráteres. La superficie dominada por el hielo está a unos -160° C en el ecuador y a -220° C en los polos. Según los datos de Galileo, debajo de la capa de hielo parece haber un océano salado, que puede llegar a tener el doble de masa que los terrestres y estaría implicado en el campo magnético del satélite. Gracias al Telescopio Espacial Hubble, se sabe de la existencia de siete grandes géiseres de hasta doscientos km de altura en el hemisferio sur.

Está en un proyecto la misión de sobrevuelos de Europa, cuyo lanzamiento se planea entre los años 2022–2023.

GANIMEDES Y CALISTO

Ganímedes es el más grande de los satélites del sistema solar. Tiene 5268 km de diámetro, un 8 % más que el planeta Mercurio, y Calisto es más pequeño con un diámetro de 1 % menor que Mercurio. La sonda Galileo detectó en 2002 un campo magnético propio que debe estar producido por el movimiento de una gran capa de agua muy salada y por la presencia de un núcleo metálico en Ganímedes.

Del Telescopio Espacial Hubble se ha observado un océano ganimediano con una profundidad de 100 km. Se ha llegado a pensar que este océano está situado entre dos capas heladas, pero se habla ahora de una estructura entre estas capas y de diversas formas de hielo. También el Hubble ha encontrado en Ganímedes algo de oxígeno (O_2) en su tenue atmósfera. Para comprobar todos estos hallazgos, tendríamos que esperar hasta el año 2030, año en que se prevé el lanzamiento de la misión JUICE.

Calisto también parece tener un océano salado profundo, pero solo calentado por la radiactividad, ya que su lejanía con respecto a Júpiter hace que las fuerzas de marea sean poco relevantes.

SATURNO

Debajo de las capas de nubes superiores de Saturno se cree que hay otra cubierta de nubes rica en hidrosulfuro de amonio y agua. Sin embargo, cerca de él abundan los anillos que están en su totalidad hechos de hielo de agua. Las lunas de Saturno tienen también grandes cantidades de este hielo.

Por otro lado, nos encontramos con Encelado es la sexta mayor luna de entre las decenas que tiene este planeta, tal vez la primera en habitabilidad. Parece una bola de 500 km de diámetro, blanca, helada y sometida a intensas fuerzas de marea provocadas por Saturno y otro satélite Dione con el que presenta resonancia orbital.

Es probable que estas fuerzas hagan que Encelado tenga al menos algunas condiciones para el desarrollo de la vida, como océanos entre una capa de hielo y un núcleo rocoso, en los que el agua se caliente por energía mareal y posible actividad geotérmica.

En 2005, la sonda Cassini encontró 101 géiseres en su polo sur. Surgen de cuatro grandes fracturas a los que se conoce como “rayas de tigre” por su aspecto, cada una con unos 130 km de longitud, 2 km de anchura y 500 m de profundidad. Expulsan gases con agua, CO₂, CO, metano, amoníaco, sales y sustancias orgánicas mal caracterizadas, todo un cóctel probiótico.

En 2017, el resultado de análisis de las emanaciones de los géiseres capturadas años antes en un fugaz sobrevuelo de la Cassini a solo 49 km de la superficie, ha mostrado una composición sobre todo de hidrógeno, indicativo de actividad hidrotermal en el océano subterráneo. De forma que Encelado se ha convertido en el único sitio fuera de la tierra en el que se ha demostrado actividad hidrotermal, lo que lo convierte en el lugar no terrestre más habitable del sistema solar.

TITÁN

Titán es la mayor luna de Saturno y la segunda en tamaño del sistema solar tras Ganímedes. Tiene unas características únicas y del mayor interés entre los demás satélites. Las expectativas de habitabilidad aumentaron con los datos que aportó

la misión Cassini- Huygens. La Cassini llegó a Saturno y sus satélites en 2004 y su sonda Huygens descendió poco después sobre la superficie de Titán.

La atmósfera tiene en su superficie una presión un 50 % superior a la terrestre y se compone de un 95 % de nitrógeno, casi un 5 % de metano y de hidrógeno y otros gases en menor proporción. Hay nubes notables, probablemente de metano, etano y otros compuestos orgánicos simples. Otras son más complejas y escasas, sobre todo los hidrocarburos aromáticos policíclicos, formadas en las capas altas a los que puede deberse el color anaranjado que se aprecia desde el espacio y la permanente niebla rojiza-anaranjada.

El cielo de metano incluye lluvias que alimentan junto con el etano y otros hidrocarburos ríos, multitud de lagos y mares, que se mantienen líquidos gracias a temperaturas en torno a -180 °C.

En el hemisferio norte destacan tres mares grandes y calmados. Como fuentes de energía en Titán, destacan la luz ultravioleta, los electrones de la magnetosfera de Saturno y los rayos cósmicos.

Las posibilidades de vida basada en el agua en Titán no son nulas, pues de entrada cuenta con la emitida por volcanes, y los datos de la Sonda Cassini-Huygens mostraron que la luna puede tener un océano subterráneo de agua y amoníaco líquidos a unos 100 km de profundidad entre capas de hielo.

DIONE

Un observatorio Real de Bélgica dirigido por Mikael Beuthe, en el que analizan datos de la misión Cassini de la NASA, ha encontrado que este satélite podría albergar también un enorme océano subterráneo. Se considera que el contacto entre el océano y el núcleo rocoso es crucial para las posibilidades de vida.

URANO Y NEPTUNO

Las composiciones de Urano y Neptuno son diferentes con respecto a Júpiter y Saturno, de modo que predomina el hidrógeno y el helio en su atmósfera seguidos del metano. El hielo aventaja a los gases y por eso se habla de “gigantes de hielo” en vez de gigantes gaseosos.

Urano tiene una atmósfera extremadamente fría. Se encuentra a unos $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ de media, con capas en las que va habiendo más agua y menos metano conforme descienden. Por otro lado, el color azul verdoso de Neptuno se debe al metano.

Bajo la atmósfera de Neptuno hay un enorme manto que se describe como un océano denso y caliente, con alta conductividad eléctrica, rica en agua, amoníaco y metano. Debajo del océano, que llega a miles de kilómetros de profundidad, hay un núcleo rocoso abundante en hierro.

TRITÓN

Tritón es el mayor satélite de Neptuno, casi tan grande como nuestra luna y aparece como una anomalía, por tener una órbita retrógrada, es decir, por girar en torno al planeta al sentido contrario que los demás satélites.

En tritón posiblemente se encuentre el núcleo y una corteza de hielo superficial, un océano subsuperficial abundante en amoníaco, nitrógeno líquido e hidrocarburos de bajo peso, como es el caso del metano. Dicho océano puede abrir para algunos la oportunidad para que Tritón pueda alojar vida basada en el silicio, pues en esas aguas amoniacaes podría haber silanos (un derivado del silicio) en concentraciones grandes. No debemos descartar que en el mar de Tritón pudiera existir vida en sus profundidades.

Para terminar, el planeta enano Plutón fue estudiado en el año 2015 por la nave New Horizons de la NASA. Tiene bajo una superficie con hielo de hidrógenos y metano una estructura interna que incluye un monto abundante en hielo de agua. La expansión del agua del manto al congelarse sería responsable de las grandes fracturas que se observan en la superficie.

También la nave Horizons estudió al satélite mayor de Plutón, Caronte, donde en dicho satélite y a 6.5 km de profundidad, han llevado a pensar de la extinción de un océano subsuperficial que de alguna manera ayudó a generar grandes fracturas al congelarse y expandirse.

Después de estos grandes hallazgos, podemos decir que la posibilidad de vida en otros lugares todavía considerados inhóspitos puede ser una realidad.



Capítulo 15

Exoplanetas

En este capítulo trataré un poco más las investigaciones que se han realizado de los planetas que se hallan más allá de nuestro sistema solar.

Durante gran parte del siglo XX, en la escuela se dijo que nuestro sistema solar contenía nueve planetas (Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón). Me voy a referir al último, que fuera descubierto en el año de 1930, por el astrónomo estadounidense Clyde Tambaugh (1906-1997). Con la llegada del nuevo milenio, el Centro Rose para la tierra y el espacio, tras el descubrimiento de varios cuerpos similares en tamaño a Plutón, el actual presentador de la nueva versión de la serie cosmos, el divulgador científico y astrónomo Neil DeGrasse Tyson, pensó que no tenía sentido considerar a Plutón como planeta mientras que los cuerpos celestes recién descubiertos se catalogan como subplanetas, de manera que tuvo la decisión de degradarlo.

Menciono que DeGrasse Tyson no decidió esto con el fin de quitar definitivamente a Plutón de ser un planeta, sino que lo hizo para colocarlo en otra clasificación, aunque esta decisión provocaría polémica entre la clase científica.

CUERPOS TRANSNEPTUNIANOS

En el intervalo que hubo entre el descubrimiento de Urano y Neptuno, los astrónomos hallaron una nueva clase de cuerpos celestes en órbita alrededor del sol. En el primer día del siglo XIX, el astrónomo italiano Giuseppe Piazzi (1746- 1826) descubrió un cuerpo que hoy recibe el nombre de Ceres. Desde un tiempo atrás se sospechaba de la existencia de un cuerpo orbitando entre las órbitas de Marte y Júpiter, de modo que cuando Ceres fue descubierta hubo pocas dudas de que se trataba de un planeta por derecho propio.

Pero en menos de una década se avistaron otros tres cuerpos similares, bautizándolos con los nombres de Palas, Vesta y Juno.

El número de estos nuevos planetas crecería con rapidez. Al comenzar el año 1800 habían sido descubiertos diez de estos objetos y una década después ya eran 57, y cuando empezó el siglo XX, la lista ya era de 463 miembros. También pareció extraño su tamaño. El más grande de ellos, Ceres, tiene la misma longitud que la Península Ibérica.

El descubrimiento y posterior degradación de Plutón siguió un camino similar. Se mencionó que desde el principio demostró ser un planeta con propiedades atípicas. Su órbita es tan excéntrica, es decir, alejada de la forma de una circunferencia, que cruza la de Neptuno, y su masa es treinta veces inferior a la del planeta Mercurio. Hoy en día conocemos mucho de Plutón gracias al sobrevuelo de la sonda de la NASA New Horizons en el verano del año 2015.

Durante la primera década del siglo XX, los astrofísicos encontraron en el llamado “Cinturón de Kuiper”, más allá de la órbita de Neptuno, una serie de planetas pequeños, por esta razón se agrupan en la categoría de Objetos Transneptunianos.

En el año 2003, dos grupos de investigadores encontraron de forma simultánea un planeta enano bautizado como Haumea, con un tamaño inferior al del planeta Ceres.

En ese mismo año apareció Sedna, con un diámetro de casi dos mil kilómetros y finalmente en el año 2005 se anunció el descubrimiento de Eris, un planeta con tamaño y masa comparables a los de Plutón.

La aparición de Eris provocó un recrudecimiento de la polémica por el estatus planetario de Plutón, o bien ambos son planetas o no lo son.

CONDICIONES PARA QUE UN CUERPO CELESTE SEA UN PLANETA

Por convenio de la Unión Astronómica Internacional (UAI), se aprobó el 24 de agosto de 2006, en sesión plenaria, las condiciones que un cuerpo celeste debe cumplir para ser considerado planeta.

Se trata de las siguientes:

- 1.- Orbitar alrededor del Sol
- 1.- Tener una masa suficiente para alcanzar el equilibrio hidrostático
- 1.- Haber limpiado su órbita de otros cuerpos extraños

Analicemos estas tres condiciones:

- Para los expertos, la primera condición no es suficiente. Hay objetos girando alrededor del Sol y que no necesariamente son planetas.
- La segunda es una forma técnica de decir que el cuerpo tiene suficiente gravedad como para adoptar su forma esférica o esferoidal.
- En la tercera condición, intenta garantizar que la órbita del objeto esté dominada solamente por el mismo y que su gravedad sea lo bastante para atraer o expulsar otros objetos en su cercanía.

Según los especialistas en ciencias planetarias, cuerpos como Plutón, Eris y Ceres no deberían cumplir la tercera condición, por lo que deberían pasar a la categoría de planetas enanos.

Por lo anterior, la UAI acuñó un nuevo término para los planetas enanos Transneptunianos: Platines. De forma que Plutón con estas características, paso hacer el planeta más pequeño a ser el Platine más grande.

MÉTODO DE DETECCIÓN DE UN EXOPLANETA

La exploración del sistema solar ha avanzado de acuerdo con los avances técnicos. Existen métodos para la detección de planetas extrasolares. Haré mención de algunos de ellos:

MÉTODO POR VELOCIDAD RADIAL

En el siglo XIX los astrónomos pudieron llevar a cabo la determinación de la velocidad de las estrellas. La medición de sus posiciones en distintos intervalos de tiempo permite

obtener la velocidad aparente a lo largo de la bóveda celeste. Lo que todavía faltaba, era obtener la llamada velocidad radial: la velocidad de un objeto a lo largo de la línea visual del observador, es decir, lo que apunta hacia la tierra.

Si una estrella se dirigiera directamente hacia nuestro planeta no podríamos saberlo, ya que parece ocupar el mismo lugar en el cielo.

A finales del siglo XIX cuando el astrónomo alemán Herman Carl Bessel (1804-1846) consiguió medir este componente radial de la velocidad. Para tal fin, está el efecto Doppler, llamado así por el físico Christian Andreas Doppler (1803- 1853).

Este efecto describe la variación de la longitud de onda que emite o recibe un objeto en movimiento y permite determinar si una fuente de luz está acercándose o alejándose de nosotros.

Durante la primera mitad del siglo XX, los astrónomos se apoyaron en ese efecto para identificar el movimiento preciso de las estrellas y hacia la década de 1950 ya se había catalogado la trayectoria de más de 15 000 estrellas. Fue entonces cuando el astrónomo estadounidense de origen ruso Otto Struve (1897-1963) propuso usarlo para buscar planetas fuera de nuestro sistema solar.

Supongamos un caso sencillo en el que una estrella, su planeta y la tierra se encuentran en el mismo plano. Durante parte de la órbita del planeta, la fuerza gravitatoria de este desplaza la estrella hacia nosotros. Aquí el efecto Doppler se hace presente haciendo que la luz de la estrella se aleja y su luz se dirige hacia el rojo. Midiendo cuidadosamente la luz recibida se puede comprobar que la estrella se acerca y se aleja periódicamente de nosotros, lo que prueba que tiene un objeto girando a su alrededor a intervalos regulares.

En el año de 1899, Bessel comprobó la validez del método al demostrar que la estrella Espica es en realidad un sistema binario. Su estrella compañera era demasiado débil para verse mediante un telescopio, pero el análisis espectroscópico demostró la existencia de dos estrellas más allá de toda duda. El principio es el mismo para una estrella con planetas, sencillo en teoría pero difícil de llevar a cabo en la práctica, porque

la masa de un planeta es mucho menor que la de una estrella y en consecuencia, el efecto será más pequeño.

Una masa, por ejemplo la del planeta Júpiter, que orbita-se una estrella como nuestro sol a una distancia de tres millones de kilómetros, producirá una variación en la velocidad de la estrella de unos 200 m/s, algo menor que la velocidad de un avión comercial.

En tiempos de Trove, el problema consistía en que las mejores medidas de las velocidades estelares efectuadas conllevaban un amortiguamiento experimental de unos 750 m/s, casi cuatro veces más.

Una segunda limitación es referente a la geometría. La técnica del efecto Doppler tiene su máxima efectividad cuando el plano que contiene la órbita del planeta aparece con respecto al observador. En el extremo opuesto, una órbita que fuese perpendicular a nuestra dirección de visión no podría detectarse, puesto que en el planeta no tiraría de su estrella en nuestra dirección.

De manera general, una observación mediante la técnica de la velocidad radial no permite obtener la masa del planeta, sino la cantidad donde el ángulo que forma su órbita del planeta con el plano del cielo.

Trove creyó la posibilidad de que un planeta pudiera ser detectado en determinadas condiciones (masa planetaria elevada y cercanía a la estrella) por medio de técnicas Doppler.

La técnica de velocidad radial demostró su utilidad con el descubrimiento del planeta bautizado con el número HD114762b, pero la verdadera revolución llegaría en la década de los años noventa. En 1993, el observatorio astronómico de la Alta Provenza, en Francia, fue equipado con un nuevo espectrómetro de luz visible llamado Elide. Durante un año, los astrofísicos suizos Michel Mayor y Didier Queroz aprovecharon la oportunidad para comenzar una búsqueda de planetas extrasolares en torno a casi 150 estrellas de clase G y K. Uno de los candidatos se llamaba 51 Pegase, una estrella similar a nuestro sol distante unos 48 años luz de nosotros.

En apenas dos años se descubrieron varios exoplanetas mediante la misma técnica. Uno de ellos fue localizado en el año de 1997 en la estrella Andrómeda, bautizado con “usan b” tiene un tamaño y radio orbital muy similar a 51 Pegase.

Los años siguientes fueron testigos de la detección de un número creciente de planetas extrasolares.

En el año 2016, el número de planetas descubiertos por esta técnica ascienden a 666, lo que representa un 32 % del total hasta ese momento, la cifra seguirá aumentando de forma considerable.

MÉTODO POR OCULTACIONES Y TRÁNSITOS

Supongamos que el plano de la órbita correspondiente a un sistema planetario extrasolar se encuentra de canto con respecto de nosotros. Significa que un planeta se podrá interponer entre nosotros y su sol, ocultando parte de este en otros puntos de su órbita. Un fotómetro de alta precisión podría medir las diferencias de brillo para detectar el planeta. Este método es llamado de tránsito o de ocultaciones.

La limitación principal para observar una ocultación planetaria viene impuesta por la geometría. A no ser que la órbita del planeta esté casi de canto respecto a nuestra línea de visión no se podrán observar los tránsitos. En promedio, solo uno de cada varios miles de planetas extrasolares producirán un tránsito visible desde la tierra.

Existen dos parámetros que influyen fuertemente en la observación de tránsitos planetarios. El primero es el tamaño del planeta (cuanto más grande, más ocultará a su estrella). El segundo es el periodo de traslación orbital. Una sola observación de un tránsito permite sospechar de la existencia de un planeta, pero no nos proporciona información fiable sobre el período de rotación. Para llevarlo a cabo es necesario observar durante al menos dos períodos, aunque tres sería lo ideal, ya que una estrella puede variar de brillo por otras causas (actividad de manchas solares en la superficie). Por ejemplo, en el caso de Júpiter, cuyo período orbital es de 11.86 años; un hipotético observador tendría que esperar al menos 36 años.

Una de las ventajas de este método de tránsito es que permite medir el tamaño del planeta, cosa que no puede hacerse con otros procedimientos. Otro punto a favor de la técnica de tránsito es lo relativo a la facilidad de observación.

El uso de la técnica de velocidad radial requiere medidas espectroscópicas de precisión extrema en grandes telescopios, pero las variaciones pequeñas que una ocultación inducen en el brillo de una estrella pueden medirse mediante telescopios pequeños.

Gracias al satélite Kepler, hoy se han detectado más planetas mediante tránsito que usando cualquier técnica. Siguiendo este procedimiento ya se han descubierto 1305 planetas, un 62 % del total. La mayoría de ellos tienen masas similares a la de Júpiter, pero se hallan unas diez veces más cerca de sus respectivas estrellas. El método de tránsito también ha permitido el descubrimiento de los planetas extrasolares más lejanos hallados hasta el momento. Estos son algunos ejemplos de planetas encontrados con este método. SWEEPS-04 Y SWEEPS-11 fueron descubiertos en el año 2006 gracias al telescopio Espacial Hubble. Son dos planetas que giran alrededor de sus estrellas a la distancia de 27700 años luz de nosotros, a mitad de camino del centro de la Vía Láctea.

MÉTODO DE OBSERVACIÓN DIRECTA

Aunque las técnicas indirectas de detección han permitido hallar centenares de planetas, no podemos verlos directamente. El enorme contraste entre su brillo y el de su estrella plantea llevarlo a cabo más allá de la satisfacción personal de poner el ojo en el ocular del telescopio.

Un cálculo nos muestra que la fracción de la luz solar reflejada por nuestro planeta es una parte por cada 500 000 000. Esa es aproximadamente la diferencia entre la estrella más brillante que podemos ver en el cielo nocturno y la más débil con el telescopio Hubble.

Una forma de mejorar las probabilidades de detección es recordar que en astrofísica el término “observar” es muy elástico. Nuestros ojos están adaptados para captar un rango de ondas electromagnéticas concretas que llamamos luz visible. Pero existen otros tipos de ondas, como las infrarrojas, que se detectan mediante telescopios similares a los de observación óptica.

Debo mencionar que un planeta sí puede emitir en el infrarrojo y ahí las condiciones son mejores. La luz visible que emite el sol es unos diez mil millones de veces más intensa que la de la Tierra, pero se reduce a diez millones en el infrarrojo cercano. En el caso de Júpiter la relación es similar.

Por otro lado, la aplicación de una mejora técnica tras otra ha permitido elevar la sensibilidad de los cronógrafos hasta el punto en que puede usarse para detectar planetas extrasolares mediante observación directa. Un cronógrafo es un bloqueador solar. Su nombre se debe a que originalmente estos dispositivos se acoplan al telescopio para ocultar el disco del sol, lo que permite observar una hermosa zona de gas brillante a su alrededor la corona solar.

Uno de los descubrimientos más llamativos realizados mediante observación directa tuvo lugar en el año 2008, ya que se descubrió un planeta mediante imagen directa en longitudes de ondas visibles. La estrella llamada Fomalhaut o Alfa Piscis Austrinus es la 18.^a más brillante de nuestro cielo y es una vecina cósmica bastante cercana pues se halla apenas a 25 años luz.

Otro ejemplo fue en agosto del año 2015 cuando un grupo internacional de astrofísicos anunció el descubrimiento de un planeta gigante gaseoso orbitando la estrella 51 Erídano a 96 años luz de la Tierra.

Utilizando un telescopio de ocho metros de apertura ubicado en Chile llamado Gemina y un nuevo cronógrafo de última generación, el GPL (Gemina Planeta Imagen), generador de imágenes de planetas Gemina, consiguieron datos no solamente del planeta, sino también de su atmósfera.

Hasta la fecha, la observación directa de planetas girando en torno a estrellas ha arrojado ya la cifra de 65 descubrimientos, es decir, un 3 % del total.

La exploración mediante imagen directa de planetas extrasolares se basa en el uso de observatorios con base en tierra. Las técnicas de imagen directa también permiten detectar planetas errantes.

MÉTODO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL

El pasado 26 de agosto del año 2020 investigadores británicos lograron identificar cincuenta nuevos planetas, usando la técnica que se conoce como Inteligencia Artificial y con datos antiguos de la NASA.

Astrónomos y científico de la Universidad de Wernicke en Reino Unido construyeron un algoritmo basado en “Machine Liaoning” y analizando datos de la agencia espacial estadounidense, que contienen miles de potenciales candidatos a ser un planeta, han descubierto como se mencionó cincuenta nuevos planetas extrasolares y sigue contando.

La inteligencia artificial desarrollada por los científicos británicos promete hacer la diferencia y confirmar si se trata de un nuevo planeta, aunque es un método relativamente nuevo.

El equipo de investigación entrenó el algoritmo con datos recogidos por el Telescopio Espacial Kepler por la NASA, que después de investigar por nueve años el espacio ha descubierto varios planetas por este método.

El algoritmo utilizado separó con precisión los planetas reales de los falsos, usando viejos conjuntos de datos que no habían sido confirmados y es aquí donde encontraron estos nueve planetas.

Estos hallazgos están detallados en la revista científica “Royal Astronómica Soviet”. Aunque dichos científicos mencionaron que este método no es el ideal.

Para terminar, menciono que las distintas técnicas para detectar planetas han servido para explorar a través de telescopios potentes y saber más sobre la existencia de posible vida en otros mundos más allá de nuestro sistema y hacer una realidad lo que en su momento Giordano Bruno dijo, o también el científico Christian Huygens en sus investigaciones sobre la teoría ondulatoria de la luz y que disfrutaba desbastando y puliendo las lentes de telescopios astronómicos. Él fue el primero en conjeturar que el planeta Venus estuviera cubierto de nubes y también el primero en observar que el planeta Marte tuviera un día de veinticuatro horas como el nuestro. Además, fue el primero en reconocer que el planeta

Saturno está rodeado por un sistema de anillos, que no tocan en ningún punto al planeta.

Pero Huygens hizo más: determinó la longitud aplicada a la navegación marítima y la latitud que podría determinar fácilmente las estrellas cuanto más al sur. Los descubridores Huygens, Galileo, Kepler y muchos más han servido para desarrollar técnicas para detectar nuevos planetas. El número de planetas nuevos sigue en aumento, en este año 2021 suman más de cinco millares.



Capítulo 16

Genética y desarrollo cultural

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La genética es el comportamiento y el mecanismo cognitivo y todo lo relacionado con aspectos hereditarios, todo aquello que nos transmiten nuestros padres.

En la base de lo que llamamos genética ha habido siempre la observación del entorno y de los fenómenos naturales. Por ejemplo, desde hace miles de años el ser humano ha realizado experimentos de todo tipo cruzando varias especies de plantas y animales. Se consideran las primeras formas rudimentarias de Ingeniería Genética Clásica.

Los mecanismos que forman la base de lo que conocemos como herencia empezaron a surgir a mediados del siglo XIX, cuando el monje agustino Gregory Johann Mendel analizaría los resultados de los conocimientos entre varios tipos de plantas de guisantes.

Se catalogaron decenas y decenas de plantas según las características principales que podían observarse con facilidad, como el color y el aspecto de las frutas.

La serie de descubrimientos de Mendel, que en el momento no se reconocieron, sino hasta principios del siglo XX cuando se descubrieron por parte del monje los principios que hoy conocemos de la herencia.

CONTRIBUCIONES DE GREGORY MENDEL

Cuando Gregory Mendel empezó a estudiar lo que hoy llamamos leyes de la herencia, al principio estaba interesado por los ratones. Pero habría alguien que lo haría cambiar de opinión, este fue el Obispo Antón Ernst Schaffgotsh, que lo obligaría a revisar sus experimentos y retractarse de utilizar ratones y dar un giro que cambiaría la historia. La pregunta

obligada: ¿Cuál es la razón por la que el obispo obligó a Mendel a cambiar la idea de usar ratones? Pues bien, en pleno siglo XIX la posición de un monje no era de las mejores para poder desarrollar el talento como científico. Pero en el monasterio de Santo Tomás, entre las colinas de la República Checa, donde vivía un grupo religioso muy particular, aparte de la dedicación a Dios, los monjes agustinos de la abadía de Brno habían desarrollado una cultura que investigaba lo que relacionaba el arte, la poesía, la música y la ciencia con las actividades religiosas, como es el caso de la mediación y la plegaría.

Según el diario de Mendel, el obispo de Brno toleraba la actividad científica de los monjes sólo porque no llegaba a entender su significado. Pero la señal de alarma se encendió a causa de la actividad sexual de los centenares de ratones con los que Mendel llevaba a cabo sus experimentos. El obispo no aceptaría este tipo de situaciones, aunque fueran los monjes y no los ratones quienes habían hecho el voto de castidad.

Mendel comprendió en sus estudios la forma en que los rasgos se transmitían de una generación a otra. Debería elegir para sus experimentos una especie que no afectara la imagen de pureza de la Iglesia. Para eso el mundo vegetal sería la solución. Durante los siguientes años, aproximadamente unos ocho, Mendel cultivaría unas 30 000 plantas de guisantes, descubriendo que rasgos como su forma y calor seguían pasando de una generación a la siguiente. Estos resultados marcaron la base de un nuevo ámbito de estudio. Los genes se mueven por pares en un organismo y si un gen es dominante con respecto a otro, o si ambos son recesivos, este puede favorecer un rasgo específico a quien lo tiene.

Históricamente no se sabe a qué conclusión llegaría Mendel. Su trabajo fue recuperado a raíz de la identificación de los cromosomas y los genes, y después con el descubrimiento de lo que conocemos como ADN.

La ciencia de la heredabilidad fue el nombre que precedió a la genética, que sigue hasta la fecha.

En el año de 1906 recibió el nombre de genética por el científico William Bateson, y el término gen fue introducido más tarde en el año de 1909 por el científico Wilhelm

Johansen. Esto ha llevado a los conocimientos actuales sobre esta ciencia.

Como se ha mencionado, es gracias a Mendel que se empiezan a conocer los conceptos que nos permiten distinguir entre la naturaleza del material genético, es decir, la información genética que se encuentra presente en todos los organismos vivos y sus características físicas que proceden de la expresión de los genes, considerados la herencia de la información en esta área de la biología.

Mendel empieza a esclarecer la distinción entre el “genotipo” (conjunto de la información genética de un organismo, correspondiente a todos los alelos presentes en su células que regulan la expresión de los rasgos somáticos) y el “fenotipo” (conjunto de características visibles de un organismo) y se determinan por las informaciones incluidas en los genes, tanto de las influencias del entorno como de los acontecimientos que se producen de forma casual durante el desarrollo.

Se entiende por gen una región funcional formada por una secuencia de ADN. Estas regiones se encuentran en los cromosomas, unas estructuras filiformes microscópicas presentes en el núcleo de las células y que custodian las características hereditarias.

LA MOLÉCULA DE ADN

La molécula de ADN se compone de elementos fundamentales denominadas nucleótidos, formados por un azúcar (desoxirribosa), un grupo fosfato y una base nitrogenada, que pueden ser adenina (A), timina (T), citosina (C) o guanina (G). Esta organización de la secuencia de las letras nucleotídicas codifica un gen que también puede cambiar y tener como consecuencia la manifestación de dicho gen. Estas secuencias que cambian se denominan alelos y se definen como una forma alternativa del mismo gen.

Veamos un ejemplo: un gen que codifica el color de las alas de una mariposa puede variar la secuencia de los pares de base en el ADN y dar como resultado alas de colores variados. Si el nuevo alelo da a su portador mayores posibilidades de reproducirse, se produce una selección positiva o selección directa para dicho alelo. La selección natural tenderá a

favorecer la variante y el nuevo alelo se difundirá de manera rápida.

Una persona o una célula que posee un par de alelos idénticos para un determinado carácter se denomina homocigótica. El término heterocigótico se refiere a una persona que posee dos alelos distintos del mismo gen.

Un alelo se considera dominante si el carácter se manifiesta en su forma homocigótica, como en la heterocigótica, mientras que es recesivo, manifestándose únicamente en la forma homocigótica.

Es complicado que un solo gen controle una característica, como es el gen que codifica el color de las alas de una mariposa. Los genes regulan la estructura y las funciones metabólicas de las células, puesto que contienen las instrucciones específicas para la composición de las proteínas. Si los genes se encuentran en las células reproductivas, su cometido es pasar esta información a las generaciones posteriores.

Cada cromosoma de una especie posee un número de genes definido y una estructura genética específica y cualquier cambio en el número o en la disposición de los genes produce un cambio en el propio cromosoma, pero no es seguro que esta modificación repercuta en el organismo.

El hecho de que el ADN dedicado a la codificación de las proteínas es relativamente escaso, aproximadamente el 98 %, compuesto por secuencias muy largas que no codifican proteínas, no le impide tener varias funciones, algunas ya conocidas y otras que todavía constituyen el centro de varias investigaciones.

El ADN que contiene la información genética se encuentra en el núcleo de la célula y está envuelto, casi como si fuera el hilo de un carrete, alrededor de un racimo de proteínas denominadas histonas. Las histonas están a su vez empaquetadas en estructuras llamadas cromosomas.

La combinación de proteínas y ADN se conoce como cromatina. La estructura y el empaquetamiento del ADN son funciones para el orden del núcleo, pero también para la regulación de los genes en su interior. Por lo tanto, en una célula cerebral los genes que codifican para las proteínas hepáticas se encuentran en regiones de los cromosomas estrechamente empaquetadas. Cuando un gen se convierte como

necesidad para la célula, el segmento de ADN en el que se encuentra se desarrolló para permitir la transcripción de este segmento en una secuencia parecida, como es el ARN (ácido ribonucleico), molécula similar al ADN. El ARN (ácido ribonucleico, constituido por una secuencia de nucleótidos que contienen ribosa como el azúcar y las bases nitrogenadas adenina (A), citosina (C), guanina (G) y uracilo (U), por lo general está constituido por una sola cadena de nucleótidos. Interviene en la síntesis proteica y es el material genético de muchos virus, en la mayoría de los casos servirá de molde para producir la proteína para lo cual codifica.

La estructura genética debe considerarse una entidad que cambia de manera constante. El cambio va acompañado del entorno con el que interactúa el individuo en un intercambio unilateral de fuerzas que se producen primero en el genoma de un organismo, es decir, en el conjunto de todas las informaciones genéticas y después en los genes heredados de la generación posterior, que se adoptan y se seleccionan por el entorno para garantizar la supervivencia.

¿QUÉ ES LA EPIGENÉTICA?

Charles Darwin definió los principios de la selección natural y revolucionó el concepto de evolución. Con la finalización en el año 2003 del Proyecto Genoma Humano se obtuvo la mayor cantidad de información conseguida hasta ese entonces respecto a nuestra biología: la lista completa de genes, que contienen todas y cada una de nuestras células. Muchos vaticinaron entonces el fin de la enfermedad hasta que comenzaron a aparecer problemas, hechos que la propia genética no podía explicar por sí sola y errores que parecían contradecir que un organismo en el momento de su nacimiento es inmutable y condiciona su destino de forma inexorable. El biólogo francés Conrad Hal Waddington acuñó el nombre de “epigenético”, con el objetivo de intentar dar nombre a esos procesos que pese o no ser capaz de desentrañar, entendía que actuaban como mediciones entre los estímulos que una célula recibe desde el exterior, fruto de su interacción con el medio y con las demás células que la rodean y el efecto final sobre la actividad de sus genes.

Los mecanismos epigenéticos dosifican la información confiriendo a dicha célula propiedades nuevas y capacidad de responder a cambios externos. Este es el lugar que ocupa la epigenética, una disciplina que parte de la genética clásica, pero que va más allá, para mostrarnos que los genes no tienen la última palabra y que nuestro destino celular no está sellado de manera irreversible, sino que avanza.

El ser humano no se define por la composición de los genes de sus células, el genoma, sino que su epigenoma está influido por su ambiente.

¿Qué es el epigenoma? Es un conjunto de marcas químicas sobre el genoma que dirigen acciones tales como la activación o desactivación del gen que se ha marcado y el control de la producción de proteínas a partir de ese gen concreto.

La epigenética y la genómica abrirán las puertas a lo que se llama medicina personalizada, que permitirá diseñar tratamientos para un individuo según sus características genéticas y celulares específicas.

La epigenética es una ciencia que estudia el conjunto de procesos químicos que modifican la actividad del ADN, sin alterar su secuencia.

Los organismos que se reproducen de manera sexual confieren a una descendencia la ventaja de poseer un genoma totalmente original, una mezcla equitativa de ADN procedente de cada uno de sus progenitores.

Todas las células de nuestro organismo comparten el mismo genoma y, sin embargo, hay diferencias unas de otras, de manera que significa necesariamente que existe algo que permite a las células interpretar de forma diferente dicho genoma. La epigenética en su forma estricta es una rama de la genética que engloba todos los mecanismos que matizan y puntualizan la sucesión de instrucciones, como las moléculas para construir proteínas.

En la actualidad se conocen tres tipos de mecanismos de regulación del ADN que cumplen los requisitos para considerarse epigenéticos. Estos son:

- 1.- Modificar la actividad genética sin afectar la secuencia del ADN
- 2.- Verse influidos por el ambiente

- 3.- Permitir que pese a cambios reversibles, estos se pueden perpetuar incluso después de las divisiones celulares

Cada mecanismo de remodelación de la cromatina mediados por el código de los histonas y la expresión de ARN opera en un nivel distinto de regulación, es decir, afectan a diferentes etapas del proceso, que va desde la mera información estática contenida en el ADN hasta que dicha información sea utilizada para construir una o varias proteínas con una función específica dentro de la célula, aunque el efecto final del mecanismo sea parecido.

El primer nivel de regulación es la metilación del ADN, que consiste en marcar la zona ADN que contiene un gen para impedir que este sea leído. Se trata de una ligera modificación química, la adición de un grupo metilo ($-CH_3$) al quinto átomo de carbono del anillo de citosina, dando lugar a la 5-metilcitosina, llamada también metilcitosina.

La metilación del ADN es un proceso reversible, puede modificarse por el ambiente y por nuestras experiencias vitales, pero el tiempo, perdurable en la vida de la célula e incluso del organismo puede determinar la identidad celular.

Existen dos tipos de metilación:

- 1.- La que llamamos de mantenimiento
- 2.- La que se conoce como “de novo”

El proceso de mantenimiento se da cuando la conocida doble hélice del ADN se prepara para la división celular se separan las dos hebras y se sintetiza una hebra nueva y complementaria a cada una de ellas.

En el preciso momento, las marcas de metilación de la doble cadena que se encontraban en las dos hebras de la célula madre, solo están presentes en una de las hebras de cada célula hija de la hebra original.

La metilación del tipo de novo es la que se produce como respuesta a la influencia del ambiente, la que puede cambiar con nuestras experiencias vitales, la que se da efectuada por agentes nocivos, como el caso del tabaco o las drogas.

Aunque durante un tiempo se consideró que la metilación del ADN era un proceso estático irreversible, se ha

comprobado que es dinámico y plástico. Durante la vida de una célula se dan constantemente procesos de metilación y desmetilación.

Los mecanismos epigenéticos regulan la transcripción, es decir, la copia de la secuencia de los genes desde el ADN hasta una versión en ARN imprescindible para que se pueda construir una proteína.

Pero hay un tercer mecanismo epigenético que afecta al siguiente paso: la traducción del ARN o proteína. Recordemos que para que un gen se convierta en proteína primero el ADN se ha de transcribir en esta molécula esencial para la vida el ARN mensajero (ARNm). Ese ARNm será posteriormente reconocido por los ribosomas, las fábricas moleculares encargadas de sintetizar más proteínas.

El ARNm es el sujeto de otro nivel de regulación. Los mecanismos epigenéticos que regulan el paso de ARNm o proteína lo hacen mediante otras secuencias de ARN que no contiene información para construir ninguna proteína. Se denominan por tanto, ARN no codificante.

Resulta que solo el 15 % restante, cuya función desconocemos en gran parte, se haya conocido como genoma oscuro o genoma no codificante.

Los ARNm participan en funciones tan importantes como la inactivación del cromosoma X, uno de los procesos epigenéticos más importantes de nuestras células.

En el origen de la vida, los organismos compuestos por una sola célula fueron los amos del planeta durante mucho tiempo. Eran capaces de sobrevivir en condiciones no aptas para la vida, nutriéndose y multiplicándose a su antojo en un entorno complicado.

Las primeras células aparecieron en la tierra hace aproximadamente 4000 millones de años, iniciando así la vida tal y como lo conocemos. Estos organismos comenzaron un proceso evolutivo que les permitió ganar complejidad y adoptar rasgos hereditarios gracias al almacenamiento de información en moléculas de ARN y hacían a la vez funciones de nuestra ADN y de nuestras proteínas.

Aproximadamente 2000 millones de años después de su aparición, el ARN dio paso al ADN y surgieron con él las proteínas.

De alguna manera todo lo escrito anteriormente se debe a las bases desarrolladas por investigadores como Francis Crick y James Watson, ganadores del premio Nobel por el descubrimiento del ADN y de Rosalind Franklin.

Por otro lado, hay un proceso de fusión con otras células, las llamadas eucariotas, que es el nombre que reciben las células que disponen de membranas internas y de un núcleo.

El proceso que fuera descubierto por Charles Darwin, conocido como selección natural, explica el diseño de los organismos, su adaptación funcional para vivir en los ambientes en que viven y su construcción anatómica que hace posible dicha adaptación funcional.

El cambio que ocurre se diversifica con el tiempo, y no se debe a la selección natural, sino por su adaptación al entorno.

La selección natural, la evolución y sus mecanismos han llevado a organismos pluricelulares a crecer en tamaño, complejidad y en número de funciones.

Claramente la selección natural consiste en dos cosas. Primero, se requiere que entre los seres vivos exista una variabilidad, o sea, que los miembros de una especie no sean todos idénticos; y en segundo lugar, que las características particulares de cada individuo puedan ser heredadas por sus descendientes.

La epigenética constituye un nexo entre lo que podríamos determinar la tríada ambiente-genotipo-fenotipo, una relación incontestable apoyada en las numerosas evidencias recogidas durante las últimas décadas en multitud de organismos.

El proyecto Genoma Humano, desarrollado entre 1990 y 2003, compuso el gigantesco libro de instrucciones contenido en el ADN de un ser humano.

En el año 2015 se publicó en la revista *Nature*, una de las revistas de más prestigio en Estados Unidos, el mapa epigenético de referencia de más de cien tipos de células diferentes. Las implicaciones biomédicas son extraordinarias. Podemos utilizar estas referencias para comparar con las marcas epigenéticas encontradas en individuos enfermos y estimar a qué se deben los efectos encontrados.

Podemos resumir que la “epigenética” estudia las modificaciones hereditarias que varían la expresión génica sin alterar la secuencia del ADN.

Para terminar, el descubrimiento de la relevancia de las marcas epigenéticas durante el desarrollo embrionario abrió la puerta a preguntas cruciales como: ¿Pueden dichas marcas seguir cambiando en la vida adulta? ¿Hasta qué punto el ambiente afectará a nuestra epigenética o incluso a nuestra descendencia? Lo que sí puedo decir es que en la actualidad se siguen haciendo investigaciones, esperando noticias nuevas en el desarrollo de esta parte de la ciencia que es la genética.



Capítulo 17

Ciencia, progreso y modernidad

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

En el siglo XVIII, también llamado siglo de las luces, un grupo de reformistas analizaron el carácter absoluto de la ciencia que había surgido en esa época y que era adoptada en occidente desde la caída del imperio romano. Con el tiempo, la verdad de la ciencia, impregnó las demás disciplinas.

La historia se limitó a buscar leyes que explicaran el ascenso humano. Para entender el desafío de la verdad en nuestra época, debemos visitar el pasado y descubrir cuando la ciencia llegó a ser el modelo absoluto del saber occidental y que llegaría a ser sinónimo de progreso como lo que sabemos el día de hoy en países Europeos y el desafío que tendrían países del continente Americano si buscaran el desarrollo económico, social y cultural de sus ciudadanos.

La Ilustración llegó al mundo occidental para imitar la mecánica, seguir su metodología y buscar leyes para todo, desde áreas como la biología hasta el arte de gobernar. Hay que recordar que antes de la mitad del siglo XIX todo aquel que se dedicaba a trabajar en lo que hoy llamamos ciencia eran filósofos. Posteriormente, después de la mitad de siglo, surgen las áreas del conocimiento como las conocemos hoy en día: biología, física, química, economía, matemáticas, etc.

El modelo de ciencia transformó a genios de la investigación en héroes culturales. La imagen de la ciencia neutral y objetiva fue heredada de esta época. También influyó en todas las disciplinas hasta después de terminada la segunda guerra mundial.

La racionalidad generó otras modalidades modernas de conocimiento, incluyendo el conocimiento histórico. El desencanto marcó nuestro análisis de la ciencia, lesionada por las dos guerras mundiales y una dilatada guerra fría, donde

junto con la tecnología desempeñó un papel crucial, ya no sirve como cimiento de la búsqueda de la verdad.

A la ciencia se le han impregnado valores transmisores de cultura como de leyes físicas. Los filósofos del siglo XVIII, socorridos por industriales y reformadores políticos, inventaron el prototipo heroico de la ciencia. Estos reformistas lideraron un movimiento de reforma descrito como ilustrado y la ciencia fue su arma más poderosa contra las instituciones de la Iglesia y el Estado.

De manera que, recelosos de la autoridad religiosa, revisaron el áspero camino recorrido por la ciencia en el siglo anterior y concluyeron que solo la genialidad, libre de supersticiones y prejuicios podía engendrar conquistas. Las leyes científicas parecían absolutamente verdaderas y diferentes de la visión medieval de la naturaleza.

Los filósofos de la Ilustración calificaron de revolucionaria la victoria de la ciencia, ratificaba el triunfo de la razón sobre la superstición. Por otra parte, surgido de la revolución científica, el modelo actual de la ciencia se concreta bajo el impacto de la publicación del libro “Principios Matemáticos de la Filosofía Natural” o mejor conocido como los “Principia” de Isaac Newton.

Como sabemos, Newton establece que las leyes del movimiento e inercia de los cuerpos en la tierra funcionaban en el espacio. Una ecuación sencilla matemática permitía predecir la posición de los planetas en un momento dado. Postulaba la gravitación universal como una de las cuatro fuerzas fundamentales que hoy se conocen (gravedad, electromagnetismo, fuerza fuerte y débil).

Para demostrar la fuerza de gravedad o gravitación, empleó mediciones del diámetro de la Tierra, ofreciendo una explicación simple y elegante de la posición de los planetas y el sol.

Apoyado en las leyes mecánicas enunciadas por Galileo y utilizó un método de análisis y síntesis que transitaba desde la experimentación y demostración matemática hasta la generalización.

Generaciones contemporáneas y subsiguientes consideraron que la publicación de los “Principia” en 1687 fue el

hecho aislado más importante en la historia temprana de la imprenta moderna.

Los científicos y filósofos del siglo XVII habían preparado las bases de los “principia”. Experimentando con todo, desde bulas de madera hasta el movimiento del agua en relación con su peso, descubrieron entre otras cosas que la aceleración de un cuerpo en caída libre es proporcional al cuadrado del tiempo empleado en el trayecto. Galileo imaginaba un vacío, donde al lanzar cuerpos de diferente peso todos aumentarían de forma uniforme su velocidad y al no encontrar resistencia caerían sin fin.

Visionarios de la época fueron profetas de la ciencia del siglo XVII, que entregaron una imagen de lo que la ciencia podía significar para los hábitos del pensamiento y para el orden material.

Un siglo y medio después, Francis Bacon y René Descartes, que fueron admiradores de Galileo, postularon la ciencia para todos, moldearon valores para una época que no se imaginaron. Propusieron dejar la teología, el clero y la guerra de los llamados aristócratas e iniciar una nueva modalidad de estudio. Bacon (recordemos que propuso una idea sobre lo que es el método científico) propondría que los pensadores se internaran en la naturaleza para observar, no para cazar, y su empirismo vinculó la investigación con la búsqueda de aplicaciones prácticas. Con el método de Bacon, la ciencia solucionaba todos los problemas cotidianos: enfermedades, escasez de alimentos, etc.

En cambio, el filósofo francés Descartes sólo pudo permitirse muy pocas instancias utópicas. En la filosofía de Descartes la filosofía de la naturaleza abarcaba todo, desde el movimiento de los planetas hasta la acción de las terminaciones nerviosas.

LA IMPORTANCIA DE LA TEORÍA NEWTONIANA EN LA ETAPA DE LA ILUSTRACIÓN

La importancia de la ciencia en la modernidad occidental rebasa ampliamente las polémicas anticlericales de Voltaire. Recordemos que Voltaire, que participó en la Revolución Francesa y posteriormente fuera conducido a la cárcel de

la Bastilla y que publicaría obras literarias como historia de Carlo XII (1731), también tejió una dura crítica de la guerra y la sátira en el templo del gusto (1733). En esa época divulgó los elementos de la filosofía de Isaac Newton. La teoría Newtoniana se convirtió en el ingrediente intelectual básico en la capital mental de la Revolución Industrial.

La reputación de la ciencia creció cuando se le atribuyó la transformación social fundamental de la historia humana, la mecanización del trabajo por el uso de tecnología energética en la manufactura y el transporte.

Los primeros industriales creyeron que la aplicación del nuevo método acrecentaría la riqueza material y para ellos la ciencia equivalía a mecánica aplicada. Por ejemplo, instalar un motor a vapor para el mejoramiento del suministro de fuerza hidráulica. El Ingeniero Civil se convirtió en un heraldo de la innovación, los ingenieros se convirtieron en una especie de sacerdotes de la salvación.

En el norte de Europa la mayor libertad de prensa y la relativa ausencia de autoridad clerical apresuraban el progreso; en el sur católico y atascaba el avance científico y tecnológico. Las escuelas y universidades francesas, en especial las controladas por los Jesuitas, se resistieron a enseñar la teoría newtoniana hasta el año 1750.

Dadas las circunstancias represivas existentes en la mayor parte de Europa es fácil entender que muy pronto la ciencia se convirtió en un sinónimo de verdad.

Durante y después de las revoluciones democráticas de Europa Occidental sus iniciadores y partidarios citaron el ejemplo del avance de la industria británica y el atraso del sur católico para reclamar libertad de mercado y de información a través de la prensa, además de una reforma educativa que incluyera la enseñanza de las ciencias en todos los niveles.

La nueva disciplina y su metodología experimental dependía de la libertad de investigación en comunidades científicas emancipadas del control de la iglesia y unidas por redes internacionales de comunicación.

La imaginaria y nueva República de las letras impulsó la ciencia de occidente, encarnó la libertad y la participación ciudadana, propias de la gloria romana interior a su decadencia imperial. La ciencia sin que importara el celo controlador

de sensores, residía en aquella utópica y pública esfera de los letrados.

Antes de 1750 se aprendía más mecánica de Newton en cualquier café londinense que en la mayoría de las universidades francesas.

En el método experimental desarrollado en la revolución científica y en sus fundamentos practicados hasta hoy el verdadero conocimiento de la naturaleza resulta de investigaciones minuciosas y repetibles, que se realizan mediante un método de experimentación que requiere de evidencias y teorías que busquen pautas o leyes activas en la naturaleza.

A causa de la interpretación del método científico, el estudio de la naturaleza solo debía ser como se creía que fue el caso de Newton, motivado y guiado por la búsqueda de la verdad. El modelo de la ciencia suponía un vínculo estrecho entre la naturaleza y su conceptualización humana. Durante la Ilustración, la élite de Occidente fabricó primero una efigie de la naturaleza y luego una realidad industrial que expresaba directamente el poderío de su ciencia.

La teoría de Newton era tan prestigiosa que los clérigos liberales ingleses recurrieron al universo newtoniano para mostrar el orden y el plan divinos que se manifestaban en las instituciones de Iglesia y Estado.

El mundo de los “Principia” fue el paradigma de gobiernos estables, economías autorreguladas, elecciones, constituciones y mercados libres. Las revoluciones democráticas de fines del siglo XVIII potenciaron el mito de la ciencia.

En los países donde estos consiguieron poder político modificaban los currículos escolares y universitarios para reflejar la importancia de la educación científica y exaltar el medio de la ciencia.

Es notorio que el saber científico y tecnológico acelera la industrialización de una sociedad, como sucedió con la Revolución Industrial.

Historiadores han afirmado con clara certeza que el siglo XVIII y la reciente cultura científica funcionaban mejor con gobiernos representativos y capitalistas. La innovación científica y tecnológica se vincula con la libertad intelectual y las instituciones representativas batallaban por la democracia.

La ciencia occidental coincidía con la expansión comercial. El progreso de una nación es sinónimo de ciencia. Cien años antes de la Revolución Industrial los adversarios del absolutismo incorporaron la ciencia a su arsenal. Hubo ventajas para integrar un núcleo del saber, basado en nuevos estándares de verdad (razón experimental, observación matemática) y de comunicación social (sociedades científicas, conferencias públicas y textos de libre circulación).

Se podría decir que como guerra cultural, la etapa de la Ilustración empieza alrededor del año 1690. En el año de 1696, John Toland en su libro “Cristiandad”, arremetía contra misterios y dogmas cristianos tachándolos de irracionales. Sangrientas luchas religiosas y convulsiones políticas asolaron Europa Occidental durante las décadas anteriores al año 1690, pero en el último decenio del siglo una nueva fuerza cultural atacó la intolerancia establecida.

En la década de 1690 los protestantes de Francia fueron rebautizados y encerrados en la Bastilla junto con estafadores, ladrones y alquimistas. Muchos intelectuales reformistas se exiliaron y llevaron sus dotes periodísticos a Inglaterra, a las colonias norteamericanas, a Ámsterdam o a Ginebra. Sus relatos idealizaron al gobierno inglés con su nuevo y triunfante parlamento, su ciencia newtoniana, su iglesia protestante sobria pero poderosa y su tolerancia religiosa. Sobre la base de su interpretación de Locke y Newton, exiliados franceses y filósofos publican toda idea que comenzará a la autoridad atrincherada y represiva.

El filósofo Immanuel Kant explicaría más tarde el apelativo de Ilustración, primera fase de la modernidad para iluminar los rincones oscuros de la mente. La ciencia señala el camino a partir de 1690. Los filósofos arrebataron la enseñanza al clero, argumentando que todo conocimiento, moral, político o histórico podía ser científico. La búsqueda objetiva de principios generales se convirtió en meta de cualquier investigación, pues el conocimiento es sistemático. Incluso la acción de leer y hablar, es decir, la interacción de la mente humana con cualquier lenguaje antiguo, bíblico, moderno o exótico podría explicarse científicamente.

En consecuencia, los filósofos pesquisaron las raíces de todas las lenguas e inventaron las primeras enciclopedias, en otras palabras medraron con los “Principia”.

Se destaca aquí que el filósofo francés Diderot decoró la contratapa de su enciclopedia en 1751 que fuera publicada como la primera representación gráfica de ese árbol recientemente cultivado.

PROGRESO Y MODERNIDAD

Las reformas educativas e intelectuales de fines del siglo XIX generaron una clase de líderes e historiadores profesionales, capaces de enseñar y desarrollar valores, libertad y ciencia. Aunque en el siglo XVII se busca reconstruir ciencia y religión, en las universidades en Estados Unidos, seguidores de White, escribían sobre las obras científicas de personajes como Robert Boyle, Newton, Hooke, etc.

Lo que es claro es que el desarrollo de la ciencia para cualquier país es sinónimo de progreso y modernidad. Actualmente y lo menciono aquí es que la ciencia se tomaría como un eje y ejemplo de desarrollo cultural, económico y social.



Capítulo 18

La estrella de Belén

ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA RELIGIÓN

Para poder investigar hechos astronómicos del pasado se requiere conocer ciertos datos. Lo mismo sucede con el tema que nos ocupa: la estrella de Belén.

Como sabemos una de las fechas que mucha gente espera ya sea para estar en familia y convivir es el nacimiento de Jesucristo el día 25 de diciembre, que tiene como antecedente la aparición de la estrella de Belén.

Veamos algunos detalles bíblicos acerca de la navidad. La primera de ellas la encontramos en el evangelio de San Mateo. Luego podemos leer algunos versículos en el evangelio de San Lucas.

Si comenzamos a leer el evangelio de San mateo podemos obtener las primeras notas que nos pueden servir para poder acercarse a la fecha del nacimiento de Cristo y de paso acercarnos a la primera referencia a la estrella de Belén. Debemos poner atención a los textos para sacar algunos detalles del nacimiento de Jesús:

- 1.- Cuando reinaba Herodes
- 2.- Se estaba realizando un censo de población
- 3.- Cirenio era gobernador de Siria

Algunos detalles de la historia son los siguientes: Herodes nace en el año de 73 a.C. y según los historiadores se sabe que murió después de un eclipse de luna que pudo verse desde Jericó y antes de la Pascua judía. Dicho eclipse puede corresponderse con lo sucedido el 13 de marzo del año 4 a.C. Con lo cual Herodes el Grande pudo haber muerto a finales de marzo y principios de abril de dicho año. Por lo que podemos establecer que la navidad aconteció antes del año 4 a.C.

Jesús tendría dos años al dictar Herodes la degollación de los santos inocentes. Por lo que basándonos en el evangelio de San Mateo podemos establecer la navidad entre el 7 a.C. y el 5 a.C.

También se sabe que Augusto César mandó a realizar censos con carácter tributario en tres ocasiones durante sus cuarenta años de gobierno. Los censos fueron realizados en los años 28 a.C. y en el 14 d.C.

Hoy en día sabemos que Cirineo o Quirinius fue gobernador de Siria no antes del 6 d.C. Así que al margen de las fechas que obtenemos del Evangelio de San Lucas es más amplio, del 8 a.C. al 14 d.C.

Dionisio el exiguu fue un monje y astrónomo que vivió en el siglo VI d.C. y que después de declinar el imperio romano pensó sustituir el calendario romano por otro cristiano que tomara como origen el nacimiento de Jesús. De manera que el inicio de contar los años como lo hacemos ahora fue propuesto por el astrónomo y Obispo Petronio allá por el año 531 d.C., que intentó realzar la figura de Jesucristo en perjuicio de la de Diocleciano, emperador romano que persiguió constantemente a los cristianos.

El método que usó Dionisio se basó en confeccionar una tabla en la que aparecerán los emperadores romanos, desde delante hacia atrás contando los años que gobernara cada uno. El método funcionó, pero el Obispo Petronio se equivocó. En primer lugar marcó el año del nacimiento de Jesucristo como el año uno de nuestra era, y por tanto no se tuvo en cuenta el año cero (para los matemáticos a la hora de contar siempre empezamos desde uno, no tomamos en cuenta al cero).

No se toma en cuenta el periodo de gobierno de Augusto Cesar, deduciendo una diferencia de cinco años, por lo que el sistema de este astrónomo, la fecha de la navidad, sería el 5 a.C.

Menciono que el investigador Mark Kidger, astrofísico del Instituto de las Islas Canarias, creyó que la posible fecha de 5 a.C. fue el año del nacimiento de Jesús, que de manera imprecisa se obtuvo y que además hace constar que el lugar del nacimiento de Jesús a causa polémica entre los especialistas tanto en religión como en lo científico.

Al parecer hacia los años 352-366 parece que se comenzó a imponer la celebración de la navidad, la noche del 24 al 25 de diciembre. Algunas culturas, como el caso de los armenios, el día 6 de enero. La Iglesia en lugar de reprimir las fiestas paganas decidieron absorberlas de tal manera que en la mitad del siglo IV los monjes griegos San Juan Crisóstomo y San Gregorio Nacianceno fueron los influyentes personajes que hicieron posible que la Navidad la celebremos el día 25.

En España se celebra la Navidad en esta fecha desde el año 380, después de ser aprobada en el Concilio de Zaragoza. En casi todo el mundo cristiano se celebra el 25, a excepción de los armenios que siguen celebrándola el 6 de enero.

Luego vinieron los villancicos y velones (originarios de la edad media), el árbol de navidad (procedencia alemán del siglo XVIII) y las tarjetas de navidad (último tercio del siglo XIX) y acompañados de todo lo que se consume conmemorando el día.

Una de las costumbres paganas que hemos adoptado es la llegada de los reyes magos, que en la Biblia llevaron regalos al niño Jesús. La única cita que podemos sacar de la Biblia son los reflejados en el mencionado evangelio de San Mateo. La tradición y la secuela que han dejado los reyes magos es que en la Biblia no se menciona cuántos fueron y mucho menos que fueran reyes, solamente se habla de magos. El término mago procede del griego “magoi” que significa “matemático astrónomo y astrólogo”. Por entonces la astrología y la astronomía no estaban separadas, como hoy felizmente lo están. Si tomamos en cuenta esta parte y las cifras de San Mateo, podemos decir que los Reyes Magos eran hábiles observadores del cielo.

Tertuliano afirma que los magos debían ser reyes que procedían de Oriente y en los siglos siguientes la visión de estos magos se fue imponiendo hasta nuestros días. Por otra parte, el número de reyes magos no se cita con exactitud. En distintas representaciones realizadas en templos durante los siglos III y IV aparecen dos, tres y hasta cuatro magos. Otras fuentes cristianas (sirios y armenios) pensaron en doce reyes al relacionarlas con las doce tribus de Israel o con los doce apóstoles. Los cristianos egipcios creían que eran sesenta. En el siglo tercero, el teólogo Orígenes (185-253), indicaría que

los reyes magos eran tres. Nosotros desde pequeños sabemos que son tres los conocidos y que posiblemente hubo un cuarto rey mago que se desvió de camino. Al fin y al cabo fueron tres los regalos que se nombran en el evangelio de San Mateo: oro, incienso y mirra.

Tradicionalmente se considera que eran babilonios. Otros investigadores consideran que eran originarios de Persia (la actual Irán), partiendo de la base de que muchas leyendas que contiene hoy la navidad proceden de costumbres anteriores al cristianismo. Por ejemplo, los sacerdotes persas del siglo V y VI a.C. también le ofrecían a su dios (Ahura-Mazda) oro, incienso y mirra.

Un escritor español Clemente Aurelio Prudencio los sitúa en Persia al igual que se cita en el Protoevangelio de Santiago (Evangelio Apócrifo).

Tampoco ha de considerarse Persia, ya que se encuentra al este de Israel a unos 1800 kilómetros, el doble de la distancia que separa Jerusalén de Babilonia. Se podría decir que los persas al invadir Jerusalén a principios del siglo VII no cometieron ningún sacrilegio en la iglesia de la natividad porque allí vieron una inscripción con la adoración de los Reyes Magos y al ver esto, decidieron no atacar el templo.

ASPECTOS ASTRONÓMICOS DE LA ÉPOCA

Los babilonios fueron los primeros en realizar observaciones astronómicas precisas, destacando entre sus logros: la división del día en veinticuatro horas, al cálculo de la duración media entre dos fases lunares (siglo II a.C.), periodicidad de los eclipses solares, el cielo de Samos (siglo IV a.C.), etc. Existen algunas opiniones que sitúan a Persia como un país de origen de los reyes magos, pero sin ocultar su procedencia babilónica.

Partiendo de referencias bíblicas lo que sabemos proviene del evangelio de San Mateo. De hecho, Herodes pregunta a los Reyes Magos sobre la estrella de Belén, a lo cual los monarcas contestan:

“Una estrella indescriptiblemente grande aparecía de entre estas estrellas y las deslumbró de tal manera que ya no lucían y así supimos que un rey había nacido en Israel”.

Una referencia de uno de los discípulos de los apóstoles: San Ignacio de Antioquía hizo una mención en el siglo I sobre la Estrella de Belén en los siguientes términos: “Un astro brillaba en el cielo más que todas los demás astros. La gente se preguntaba de dónde vendría este nuevo objeto, diferente de todos los demás”.

El teólogo Orígenes comentaría en el siglo III: “Yo creo que la estrella que aparecía era de una especie nueva y que no tenía nada en común con las estrellas que vemos todos los días en el o en las órbitas inferiores, sino que estaba próxima a la naturaleza de los cometas, se podría decir que se han aparecido astros, presagiando revoluciones en el imperio, guerras u otros accidentes capaces de trastornar el mundo, no debemos extrañarnos de que haya aparecido una nueva estrella con ocasión del nacimiento de una persona que iba a ignorar un cambio tan radical entre los hombres”.

Desde muchos siglos atrás los hombres de todas las culturas han visto en el cielo su ayuda para saber cuándo podría plantar o en su caso recoger ganado. También han interpretado distintos acontecimientos desastrosos (cometas, supernovas o eclipses). Por otra parte, las religiones han relacionado sus divinidades con estrellas o planetas. En el antiguo Egipto, las crecidas del Nilo y el renacimiento anual del dios Osiris venían anunciadas por el llamado orto heliaco. Se trata de la primera aparición de la estrella Sirio por la zona del horizonte este después de un tiempo de invisibilidad.

Las culturas centroamericanas consideraban al planeta Venus como la metamorfosis del llamado dios Quetzalcóatl. Cada vez que reaparecía el planeta se celebraban grandes ceremonias en el famoso templo azteca de Tenochtitlan. El mismo Buda nació bajo la luz fulgurante de alguna estrella, al igual que Krisna, incluso existen leyendas romanas que hablan de la aparición de una estrella al nacer el emperador romano Julio César y la de un cometa al morir éste.

La aparición de cometas como símbolo de la estrella de Belén es un hecho sin precedentes de la llamada Edad Media. Sin embargo, un cometa puede considerarse como un candidato firme para aspirar a ser la Estrella de Belén. Algunas teorías han sugerido que se trata del cometa Halley como el posible cuerpo que se vio en aquellos tiempos de la

navidad, pues hoy en día sabemos que el cometa fue visible efectivamente por el año 12 a.C.

En el segundo reinado de Chien-Ping se corresponde con los meses de marzo y abril del año 5 a.C. Un hui-hsing fue una manera de destacar una estrella con cola, un cometa y un Chien-nia es un nombre dado por los chinos a un grupo de estrellas que comprendía la zona del norte de las estrellas Alpha y Beta de la que actualmente conocemos como Constelación de Capricornio.

Otra posibilidad que se comentaba era la aparición de una supernova en los cielos (estrellas variables cuyo brillo aumentaba haciéndolas visibles). Además puedo agregar que una estrella de este tipo es muy masiva, que aumenta su luminosidad de tal forma que no es posible que pase inadvertida en el cielo.

Cuando una estrella se convierte en una supernova su estado final es una estructura gaseosa que se va expandiendo con el tiempo. En el año 1054 astrónomos chinos observaron una estrella muy brillante que incluso fue visible durante el día. El astrónomo Tycho Brahe, considerado el mejor astrónomo del siglo XVI, también observaría otra supernova en el año de 1572 de estas características. El resultado de la explosión de ambas estrellas puede observarse hoy en día. En el caso de las estrellas de los chinos, lo que observaron fue la Nebulosa del Cangrejo o M1, situada en la constelación del Tauro y visible con pequeños telescopios. La estrella de Tycho es la radio fuente B Cos situada en la Constelación de Casiopea, aunque esta última requiere instrumentos de gran envergadura que puede ser localizada.

En base a estas características podríamos decir que la estrella de Belén fuera una supernova. Cuando miramos el cielo en una noche estrellada y fijamos nuestra atención hacia algo que brilla sin el característico brillo “titilar” propio de las estrellas y estas no lo son, podríamos decir que es un planeta.

A través de la historia se han observado a los planetas visibles solo con la vista, reflejando la luz que reciben del sol desde una distancia relativa corta a escala astronómica. Nosotros durante la noche podemos observar a dos de estos planetas: Júpiter y Venus.

Júpiter fue visible en invierno de 1999 algo muy brillante durante las primeras horas de la noche, además el objeto brillante que tiene muy cerca es Saturno, aunque como podremos comprobar, brilla con menor intensidad que el planeta Júpiter. Por otra parte, si nos levantamos temprano podremos ver al planeta Venus, conocido como el lucero del amanecer. Recordemos que el planeta Venus es el objeto más brillante que puede verse en el cielo una vez que descartemos a la Luna.

Es posible de esta forma que pudiera confundirse la estrella de Belén con algunos de estos planetas, pero debemos tener en cuenta que estos objetos han sido observados desde tiempos inmemorables y eran adorablemente conocidos.

Pero existe la posibilidad de una conjunción planetaria, principalmente entre los planetas Venus, Júpiter y Saturno, como se han mencionado en algunos textos sobre la historia de la ciencia.

El primero en proponer una conjunción planetaria como una posible estrella de Belén fue el astrónomo alemán Johannes Kepler. En el año de 1604, Kepler observó una supernova en la Constelación de Ofiuco que lo dejó atónito. Kepler sugería que una estrella similar podría haber sido la que anunciara el nacimiento de Cristo.

Además, había observado una conjunción planetaria entre los planetas Júpiter y Saturno que era visible en la Constelación de Piscis. Como buen matemático que era, propuso calcular las conjunciones planetarias que habrían podido observarse en los tiempos próximos a la navidad. En el año 7 a.C Júpiter y Saturno visibles en la Constelación de Piscis, observamos que los planetas antes mencionados tuvieron un acercamiento y un alejamiento mutuo hasta tres veces durante un período de seis meses.

Kepler era un creyente de la llamada astrología, por lo que es fácil creer que los reyes magos pudieron interpretar el hecho como un nuevo gran rey que traería justicia estaba a punto de nacer entre los judíos. Lamentablemente la creencia de la astrología era mayoritaria y la conjunción como la del 7 a.C pudiera ser la más acertada.

Con los sistemas informáticos actuales es posible calcular en poco tiempo qué conjunciones planetarias pudieran haber sido vistas desde Babilonia en una fecha dada.

Los ordenadores dieron dos conjunciones planetarias además de la propuesta por Kepler. La primera se dio en el mes de agosto del año 3 a.C, entre los planetas Júpiter y Venus, y la segunda en el mes de junio del año 2 a.C entre los mismos planetas.

Roger Simot propuso en el año de 1968 que la conjunción dada en el año 2 a.C sería la estrella de Belén, basándose en el acercamiento de ambos planetas próximos que resultaría imposible distinguirlos, con lo que al momento de observar el cielo sería un punto brillante. Además, Simot se basaba en que esta conjunción se pudo ver en gran parte de la noche, siendo visible la Constelación de Leo y cerca de la estrella más brillante.

Existen otras hipótesis que incluyen meteoros, bólidos y lluvia de estrellas fugaces. El astrónomo británico Patrick Moore ha propuesto que la Estrella de Belén podría haber sido un bólido especialmente luminoso.

Un bólido es un meteorito muy brillante que se hace visible en el cielo durante algunos segundos y que se destaca por su brillo. Moore introdujo posteriormente otro bólido que posiblemente habría aparecido en Belén a la llegada de los magos.

Patrick Moore menciona que en la primera década de este siglo se pudo observar desde Inglaterra una lluvia de estrellas fugaces. Empezó como un meteorito brillante, después un segundo meteorito en el mismo sentido que el primero, luego un tercero.

También se ha sugerido una supernova como Estrella de Belén. La supernova tiene como consecuencia una reacción nuclear explosiva que se da en las capas superficiales de la estrella, sufriendo en ese momento un brillo considerable.

Investigadores como David Clarke Parkinson y Richard Stephenson cuentan en sus crónicas que en el año 4 a.C. apareció un cometa sin cola o una estrella muy brillante.

La primera alternativa puede basarse tal vez en un error de fecha y en la consideración de que los chinos usaran un vocablo *hi-hsing* para designar también estrellas o cometas

sin cola. Stephenson cree que ambos objetos son lo mismo y que aparecieron en el año 5 a.C.

Las anotaciones chinas sobre esta supernova aparecen en una zona delimitada por las constelaciones del Águila y Capricornio, centrada en la estrella Theta de dicha constelación.

El objeto sería visible al amanecer en el este. A medida que pasaba el tiempo estas constelaciones se harían visibles más tiempo antes de que saliera el sol, hasta que en unos tres meses el objeto podría ser visible hacia la medianoche en el sur en lugar del este. Con lo cual el objeto sería visto por los reyes magos en el este y luego señalaría la posición de Belén desde Jerusalén. Por otra parte, David Hughes piensa que la traducción desde la griega original del evangelio de San Mateo tiene un error debido a la diferencia de las fechas y por lo tanto, en lugar de leerse en el este ha de leerse en la primera luz del alba.

Los investigadores mencionan que la estrella de Belén debía ser una “nova” que aconteció en el año 5 a.C. y que fue visible entre las constelaciones del Águila y Capricornio.

Algunos astrónomos como es el caso de Mark Kidger (Investigador del Instituto de Astrofísica de Canarias), disponen de una hipótesis no centrada en un objeto o acontecimiento en concreto.

Su hipótesis se basaba en una conjunción planetaria del año 7 a.C. entre los planetas Júpiter y Saturno en la Constelación de Piscis que podría haber llamado la atención de los reyes magos como se ha dicho.

Posteriormente, en el año 6 a.C. Marte, Júpiter y Saturno se agruparon muy cerca entre ellos en una zona reducida en el cielo. Podemos decir que los Reyes Magos estaban avisados. Algo que llegaría con la nova del año 5 a.C. se mantendría visible durante más de setenta días, tiempo para que los reyes magos llegaran a ver a Jesús.

Por lo tanto, astrónomos como Kidger y Humphrey sitúan a la Estrella de Belén como una sucesión de acontecimientos astronómicos sucedidos durante esos dos años.

Este evento de tanta importancia en el mundo cristiano sigue en polémica y discusión hoy en día, dudando sobre lo que realmente pudo haber ocurrido.



Capítulo 19

Inteligencia artificial

ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Como una introducción a este capítulo veamos algunos aspectos históricos sobre los inicios de la inteligencia artificial.

Las raíces de la inteligencia artificial y por ende de las ciencias de la computación son tan profundas que las podemos encontrar desde en la antigua Grecia, cerca del año 300 a.C. con Aristóteles (384 a.C.- 322 a.C.), autor de más de doscientos tratados sobre temas de los más diversos, desde la lógica matemática pasando por la física, la biología, las matemáticas o la astronomía.

La lógica es el sustento de lo que hoy conocemos como “Inteligencia Artificial”, de ahí la importancia de este sistema inteligente destinado a desarrollar razonamientos que lejos de seguir procesos o reglas aleatorias, utilizando un tipo de lógica para ir deduciendo o infiriendo conclusiones.

En el área de la lógica hablamos de lo que conocemos como silogismos, que es una forma de razonamiento deductivo que está constituido por dos proposiciones que actúan como premisas y por una tercera que es la conclusión, que es una inferencia deductiva de las dos primeras.

Recordemos que este tipo de proposiciones se estudian actualmente en los cursos básicos sobre lógica matemática en los niveles media superior y superior en sus primeros cursos de licenciatura.

Este sistema es un método que relaciona de forma ordenada dos términos diferentes, un sujeto y un predicado, que tiene en común un término medio.

Las conclusiones se obtienen mediante unas reglas denominadas juicios. Por otro lado, avanzando en la línea del tiempo, el siguiente pensador que no podemos olvidar en los

comienzos de la inteligencia artificial se trata de Ctesibio de Alejandría (285 a.C.- 222 a.C.) científico e ingeniero griego de la antigüedad, que aunque no se conserva ningún tratado, fue ateneo de Naucratis, gramático griego de principios del siglo III a.C. A Ctesibio se le atribuye el gran mérito en tratar y estudiar la ciencia de la comprensión de los gases, su elasticidad y sus implicaciones de bombas (bombas para bombear líquidos) y cañones.

Pero además, fue un experto en hidráulica, desarrolló diferentes bombas hidráulicas de gran potencia, el órgano acuático e incluso el sifón. De este sabio se puede destacar que cerca del año 250 a.C. construyó la primera máquina autocontrolada, concretamente un regulador de flujo del agua que actuaba siguiendo un método programado. Esta máquina es el primer algoritmo que se considera de la humanidad, pues por primera vez el hombre había logrado construir un artefacto que se comportaba siguiendo instrucciones introducidas de antemano en el sistema. Se trata de la clepsidra o reloj de agua, un mecanismo que mediante la regulación de un flujo de agua que permite medir el tiempo transcurrido. La Clepsidra desarrollada por Ctesibio tenía mayor precisión que cualquiera de los relojes anteriores y posteriores y que no fue superado hasta que en el siglo XVI el astrónomo y físico holandés Christian Huygens (1629-1685) inventó el péndulo.

Por lo tanto, mencionemos que Aristóteles y Huygens fueron los precursores de las ciencias de la computación. Aunque la Edad Media fue una época oscura en el desarrollo de la ciencia y la tecnología, lo que sí es cierto es que hubo pequeños destellos que contribuyeron al desarrollo de la inteligencia artificial como la conocemos hoy.

El primero de ellos se trata de Isidoro de Sevilla (556-636 d.C.), gran compilador medieval que fue canonizado en el año de 1598. Dentro de sus contribuciones, establecería los principios modernos de las actuales bases de datos. Aunque parezca risible, en el año 2003 se consideró a Isidoro de Sevilla como el patrono de la Internet. En algunas partes se celebra el 4 de abril, como el día de la Internet, en memoria de la fecha de su defunción.

Por otro lado, Al-Juarismi (780-850), matemático y filósofo persa medieval se le atribuye la invención de lo que hoy

conocemos como algoritmo, que no es más que una sucesión de pasos para llegar a un resultado, esto se aplica al resolver muchos de los problemas en matemáticas, como son las ecuaciones de cualquier grado y también las instrucciones para manejar algún aparato electrónico. Estas instrucciones deben ser concretas, ordenadas y finitas, que se ejecutan ante una entrada para generar una salida concreta.

Unos quinientos años después del sabio musulmán, nació el que es considerado como el gran sabio musulmán, el mallorquín Ramón Liull (1232-1316) Liull fue filósofo, poeta y científico al que le debemos avances y conceptos en el plano intelectual. Su gran obra abarca desde tratados de filosofía o teología hasta novelas, pasando por la poesía o la divulgación científica. Relacionado a la inteligencia artificial es la construcción de una especie de máquinas pensantes, que mediante diales, palancas y manivelas, eran capaces de realizar demostraciones lógicas en base a sujetos y predicados de teorías teológicas que la máquina combinaba, si eran ciertas o falsas. A Raimundo Lulio se le ha considerado el patrono de la ingeniería informática.

Con Aristóteles, la lógica matemática está a la par de las matemáticas. Es decir, es una disciplina que por medio de reglas y técnicas determina si un argumento es válido o no.

La lógica es el fundamento principal sobre el que sustentan las ciencias de la computación y la inteligencia artificial y se utiliza como un instrumento para poder validar o derivar nuevo conocimiento.

Fueron dos matemáticos británicos, George Boole y Augustus de Morgan, los que con su leyes lógicas dieron una vuelta de tuerca a las bases de la lógica aristotélica y mediante una nueva notación más abstracto lo llevaron al siguiente nivel, el de la lógica de primer orden, en contraposición a la lógica clásica de Aristóteles. Este estado implica sólo expresiones finitas y fórmulas concretas y bien definidas.

Mientras que el primero de estos dos personajes el matemático y filósofo británico George Boole (1815-1864) desarrollo lo que hoy conocemos como álgebra de Boole o Booleana, base de la aritmética computacional moderna, en donde está fundamentada toda la electrónica digital, el segundo también matemático británico de origen Indio Augustus de Morgan

(1806-1871) ideó un sistema de reglas que permiten expresar, manipular y simplificar problemas lógicos que admiten dos estados, verdadero o falso por procedimientos matemáticos.

Con los avances de estos matemáticos y otros como William Stanley Jeans, Charles Sanders Pierce y William Ernest Johnson hoy en día tenemos una lógica de primer orden que es la piedra angular de la Informática Moderna, la Inteligencia Artificial y el razonamiento automático.

El inglés Charles Babbage (1791-1871) fue además de matemático, un gran científico de la computación. Durante muchos años intentó llevar a cabo la construcción de la llamada máquina diferencial, una calculadora descomunal que tuvo que abandonar por su enorme complejidad tecnológica que para la época constaba de 25 000 piezas, pesaba 13 6000 kg y media 2.4 m de altura.

Más tarde, entre los años de 1833 y 1844 ideó una máquina más compleja que la anterior, programable y capaz de realizar cualquier tipo de cálculo; la máquina cuántica que se considera el primer computador de la historia.

Este funcionaba con un motor a vapor y hacía uso de tarjetas, las cuales de forma mecánica se entrelazaban con los hilos formando dibujos. Años más tarde, la matemática Ada Lovelace (1815- 1852), que había conocido a Babbage en una fiesta social cuando tenía 17 años, estudió a fondo las entresijos del aparato tras traducir al inglés lo que había escrito el militar y científico italiano Luigi Menabrea, considerado al autor del primer artículo científico de la historia de la Informática sobre la máquina analítica de Babbage. De manera que Lovelace, hija del poeta Lord Byron, se convirtió en la primera programadora de la historia. Además que Lovelace fue una de las primeras mujeres que entró en los anales de la ciencia y tecnología. El lenguaje de programación ADA, que fue desarrollado por el Departamento de la Defensa de los Estados Unidos lleva en honor su nombre.

Por otro lado, el Ingeniero de caminos, matemático e inventor Leonardo Torres Quevedo (1852- 1936), quien fue considerado como el heredero tecnológico de Charles Babbage. Fue quién construyó las máquinas de cálculo que el inglés describe en un plano teórico. Quevedo llegó a construir

máquinas de cálculo que resolvían problemas matemáticos como ecuaciones de segundo grado.

Torres Quevedo llegó a construir una máquina analógica llamándola “el ajedrecista” considerado el primer videojuego de la historia. Esta máquina lo llevaría a la fama mundial.

Con Torres Quevedo se establecerán las bases preliminares de la Inteligencia Artificial, describiendo las máquinas como los elementos que deben desempeñar aquellas tareas para las cuales no es necesario pensar.

Además de todas las aportaciones sobre Inteligencia Artificial, Leonardo nacido en pleno siglo XIX, diseñó un nuevo tipo de dirigibles que fueron utilizados en la Primera Guerra Mundial con fines de vigilancia naval.

En el ámbito de la Informática fue responsable del desarrollo del primer elemento teledirigido de la historia, un autómatas llamado Telekino que ejecutaba órdenes transmitidas mediante ondas hercianas, igual como funciona hoy en día cualquier juguete teledirigido o el mando a distancia y de mercado. En el caso de los dirigibles que fueron usados en la Primera Guerra Mundial, fueron fabricados por la compañía francesa Astra, la que compraría la patente al propio inventor.

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL SIGLO XX

Por otro lado, las aportaciones a la informática de otro matemático Alan Turing (1912- 1954) fueron trascendentales. Aportó grandes avances en cuatro áreas de aquella informática primitiva: la teoría de la computación, la arquitectura de computadores, el criptoanálisis y por supuesto, la inteligencia artificial.

Todas esas aportaciones estuvieron relacionadas entre sí. El desarrollo de la teoría de la computación permitiría idear el concepto de lo que se llama máquina de Turing, en base a ello se pudo perfeccionar la arquitectura de los computadores propuestos por Babbage e implementados por Torres Quevedo.

Gracias a los nuevos ordenadores y a su potencia de cálculo, el científico británico avanzó en el campo de la

criptoanálisis, siendo Turing uno de los principales exponentes en la ruptura de los códigos de la máquina Enigma, que los nazis emplearon durante la Segunda Guerra Mundial para el cifrado y descifrado de mensajes, que facilitaría la victoria de los aliados en la contienda. De hecho, Turing se interesó por la Inteligencia Artificial. Un ejemplo claro de esto lo observamos en la película “2001, una odisea del espacio” dirigida por el cineasta Stanley Kubrick y estrenada en el año de 1968, que ilustra precisamente y a la perfección el razonamiento que tuvo Turing en la definición de inteligencia.

En un diálogo de la película un periodista de la BBC entrevista al equipo de astronautas y al supercomputador HAL 9000 a cargo de las funciones vitales de la nave espacial Discovery.

Después de varias preguntas y respuestas sobre HAL 9000 el astronauta Dave Bowman concluye que la máquina actúa como si tuviera emociones genuinas.

En esta película HAL 9000 es una máquina que piensa y la inteligencia artificial es fabricar ordenadores inteligentes. Hoy en día se considera que una nueva tecnología es inteligente si es capaz de resolver un problema de una manera creativa, algo que desde siempre se ha considerado exclusivo del cerebro humano.

Para el verano del año 1956, dos años después de la trágica muerte de Alan Turing, tendría lugar un encuentro en la universidad de Dartmouth College, en New Hampshire, Estados Unidos. En esta reunión John McCarthy (1927-2011) se daría cita con once eminencias de la época, entre ellas se encuentran Claude Shannon (1916- 2001) criptógrafo y considerado el padre de la teoría de la información; Marvin Minski (1927- 2016) cofundador del laboratorio de Inteligencia artificial y decano del Instituto Tecnológico de Massachusetts (el célebre 1717); el psicólogo Frank Rosenblat (1928-1971) pionero de las redes neuronales; Herbert Simón (1916-1971) premio Nobel de Economía; y Allen Newell (1927-1992) experto en Informática y psicología cognitiva.

Ellos serían los que consolidaron la columna vertebral de la Inteligencia artificial mientras esta se propagaba por otras comunidades científicas de Occidente.

La idea de McCarthy era reunir a una decena de sabios durante dos meses para discutir temas como la cibernética, la llamada teoría de los autómatas o el procesamiento de información compleja.

Durante sesenta días se debatieron dos modelos alternativos de inteligencia artificial, dos enfoques que fueron llamados top-down y bottom-up.

La visión top-down liderada por Newell y Simón, argumentaba que la cognición era un fenómeno de alto nivel, que en cierta manera podía separarse del cerebro. Por tanto, el cerebro no es más que un instrumento que puede reemplazarse por otras tecnologías de silicio capaces de realizar el procesamiento simbólico que es lo que realmente posibilita la inteligencia.

El enfoque top-down opinaba que los científicos debían olvidarse de reproducir la estructura física del cerebro para centrarse en las reglas y sistemas que permiten la manipulación y combinación de símbolos o sistemas simbólicos.

Por otro lado, el grupo que apoyaba en el enfoque bottom-up, encabezado por Rosenblat, argumentó que la estructura real del cerebro era primordial para la emergencia de la función cognitiva y que si queremos desarrollar sistema de inteligencia artificial, primero hay que crear un hardware que imite la biología cerebral. El enfoque bottom-up iba muy en línea con las propuestas de Turing, el modelo que llamó conexionista.

Los científicos defensores de este enfoque avanzaron en su visión de inteligencia artificial mediante el desarrollo de la neurona artificial.

Ambos enfoques se disputaron la supremacía durante los años cincuenta y principios de los sesenta, una época durante la cual hubo una sana competición entre las dos escuelas gracias a los fondos públicos vertidos en plena carrera tecnológica entre Estados Unidos y la antigua Unión Soviética en el contexto de la guerra fría.

En dicho período Newell y Simón, que eran los defensores del enfoque top-down, desarrollaron un programa informático llamado Logic: Theorist, que era capaz de demostrar teoremas nada triviales de lógica matemática.

Logic: Theorist usaba lo que se conoce como sistemas simbólicos, los cuales fueron inventados por los matemáticos para dar sentido a expresiones sin referirse a convenciones arbitrarias.

Defendido en Dartmouth por Rosenblat, el enfoque conexionista era la alternativa al planteamiento de los sistemas simbólicos.

Sus abanderados opinaban que antes de plantearse el desarrollo de sistemas cognitivos, debían desarrollar un hardware que compute de una forma similar a la que hace el cerebro imitando las neuronas y las conexiones entre estas. Es decir, creando la neurona artificial y la red neuronal, respectivamente.

Los conceptos de red neuronal y neurona artificial han pasado por diferentes ciclos de euforia-decepción.

Sus inicios se remontan al algoritmo conocido como “Unidad Lógica Umbral” propuesto por Warren McCallauh y Walter Pitts en la década de 1940.

Una neurona es un elemento extraordinariamente simple y capaz de abordar unas pocas operaciones aritméticas y una comparación. Este hecho facilitó la implementación de las neuronas completas en hardware a partir de finales de la década de 1990.

Estas neuronas artificiales se usan en la actualidad para construir aparatos electrónicos de predicción, por ejemplo, un aparato que es capaz de detectar la causa del malestar de un bebé que llora.

El funcionamiento de una neurona artificial es parecido al de las neuronas naturales. La dificultad de los medios neuronales radica en dos elementos que se deben ajustar y de los cuales dependerá que la red pueda realizar predicciones más o menos correctas. Se trata de los pasos de las diversas entradas y el umbral.

El proceso de ajustar valores para que, dada una serie de entradas, las neuronas produzcan la salida deseada, que es lo que se conoce como proceso de entrenamiento o en términos psicológicos el aprendizaje.

La innovación del aprendizaje neuronal fue introducida por Frank Rosenblat a finales de los años cincuenta. El

invento de una neurona artificial capaz de ajustar los pesos y el umbral fue conocido como perceptrón.

Desde el punto de vista de la biología, el comportamiento de una neurona natural es prácticamente el mismo. Cada neurona tiene un conjunto de entradas por donde percibe señales eléctricas provenientes de otras neuronas. Esto es lo que se conoce como conexiones sinópticas.

El perceptrón se planteó como una útil herramienta predictiva dada una muestra, esa red neuronal artificial podía predecir si era una clase u otra. De cada una de las muestras se conocen cuatro parámetros, la longitud de los pétalos y su amplitud y la longitud de los sépalos y su amplitud.

El objetivo es que, dada una nueva muestra, la herramienta nos diga a qué especie botánica pertenece.

La carrera intelectual entre los dos modelos se prolongó en el tiempo hasta que un acontecimiento imprevisto dio la ventaja a los del enfoque top-down. En 1969, Marvin Minski y el sudafricano Seymour Popper, inventor del lenguaje de programación Logo, publicaron el famoso libro “Perceptrones”, en el que se expone un simple problema de lógica matemática booleana que una neurona artificial es incapaz de resolver mientras que para la mente humana es algo trivial.

En los quince años comprendidos entre 1970 y 1985, la disciplina de la inteligencia artificial se vio sumida en un largo invierno de producción científica, provocado por esos dos importantes obstáculos encontrados en las dos aproximaciones complementarias en los que se había estructurado la comunidad académica: la top-down y la bottom-up.

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA CIENCIA FICCIÓN

Entre los autores de ciencia ficción vemos un acercamiento al futuro de la tecnología con respecto a la inteligencia artificial, como en la película “2001: odisea del espacio”, una máquina como la aparecida en la película resultaría una quimera.

Herbert Simón afirmó en el año de 1965 que en veinte años tendríamos máquinas que podrían realizar cualquier trabajo que un humano fuera capaz de acometer y Mervin Minski publicó en 1970 en la revista *Life*, un medio

generalista, que dentro de tres y ocho años tendríamos una máquina con una inteligencia artificial similar a la de un ser humano medio.

Entre los problemas que aparecieron y que parecían insuperables fue el tema de la capacidad de cálculo y de los computadores en general. Otro fue el dilema que se puso de manifiesto, la explosión combinatoria, una expresión matemática que consta de la mayoría de problemas a la que nuestra mente se enfrenta día a día, minuto a minuto, tiene millones sino que tienen billones de combinaciones que pueden ubicar la solución al problema.

Otro problema fue la versión generalizada de la comentada inteligencia de fondo. Esto se planteó en un contexto de interpretación del lenguaje natural. También está la conocida “paradoja de Moravec”, el problema de la percepción. Aquí el experto en robótica Hans Moravec (1948), así como Minski y otros científicos plantearon que el raciocinio humano necesita menos capacidad de computación que las habilidades que nosotros y muchos animales realizamos de forma inconsciente, por ejemplo los sensoriales y motoras.

En la actualidad, nos encontramos que desde la invención de las primeras computadoras se han llevado a cabo y de forma segura la invención de la inteligencia artificial. Los sistemas de computación avanzados actúan con inteligencia de nivel humano, son imprevisibles e inescrutables todo el tiempo.

Algunos científicos más consumados citan las tres leyes de la robótica del escritor de ciencia ficción Isaac Asimov. Dichas reglas han respondido de forma integral.

Estas tres reglas que Asimov hace mención en la novela “Yo Robot” son las siguientes:

- 1.- Un robot no puede hacer daño a un ser humano por inacción o permitir que un ser humano sufra daño
- 2.- Un robot debe obedecer las órdenes dadas por los seres humanos, excepto si estas órdenes entran en conflicto con la primera ley
- 3.- Un robot debe proteger su propia existencia en la medida en que esta protección no entre en conflicto con la primera o la segunda ley

Podemos mencionar que Asimov estaba generando tramas para una historia, pero no para una historia real. Hoy en día estas leyes pueden quedar cortas. Son insuficientemente precisas, como podría ocurrir en una película y engañar a los robots, ya que tuvieran comprensión de todos los conocimientos humanos.

Asimov agrega una cuarta ley, la ley de Zenoth, que prohíbe que los robots dañen a la humanidad en general, pero no soluciona los problemas. Se cree que la inteligencia artificial podría alcanzar a la inteligencia humana. Los gobiernos e instituciones invierten grandes cantidades de dinero en todo el mundo.

La inteligencia artificial determina qué libros compramos, qué películas vemos e incluso con quién salimos.

Por otro lado, menciono que la inteligencia artificial y la robótica se prevé que en un futuro podrían desplazar al hombre. Por ejemplo, al ser sustituido el hombre por una máquina, carreras profesionales podrían desaparecer en un futuro, ya que las empresas se les haría más fácil tener máquinas a su alcance que realizar trabajos que el hombre pudiera realizar sin necesidad de contratar personal capacitado para tales trabajos, ahorrándose sueldos.

Es decir, la inteligencia artificial en un futuro bien utilizada podría mejorar la producción en las empresas, pero por el otro lado causaría desempleo en el ser humano, convirtiéndolo en un problema latente.

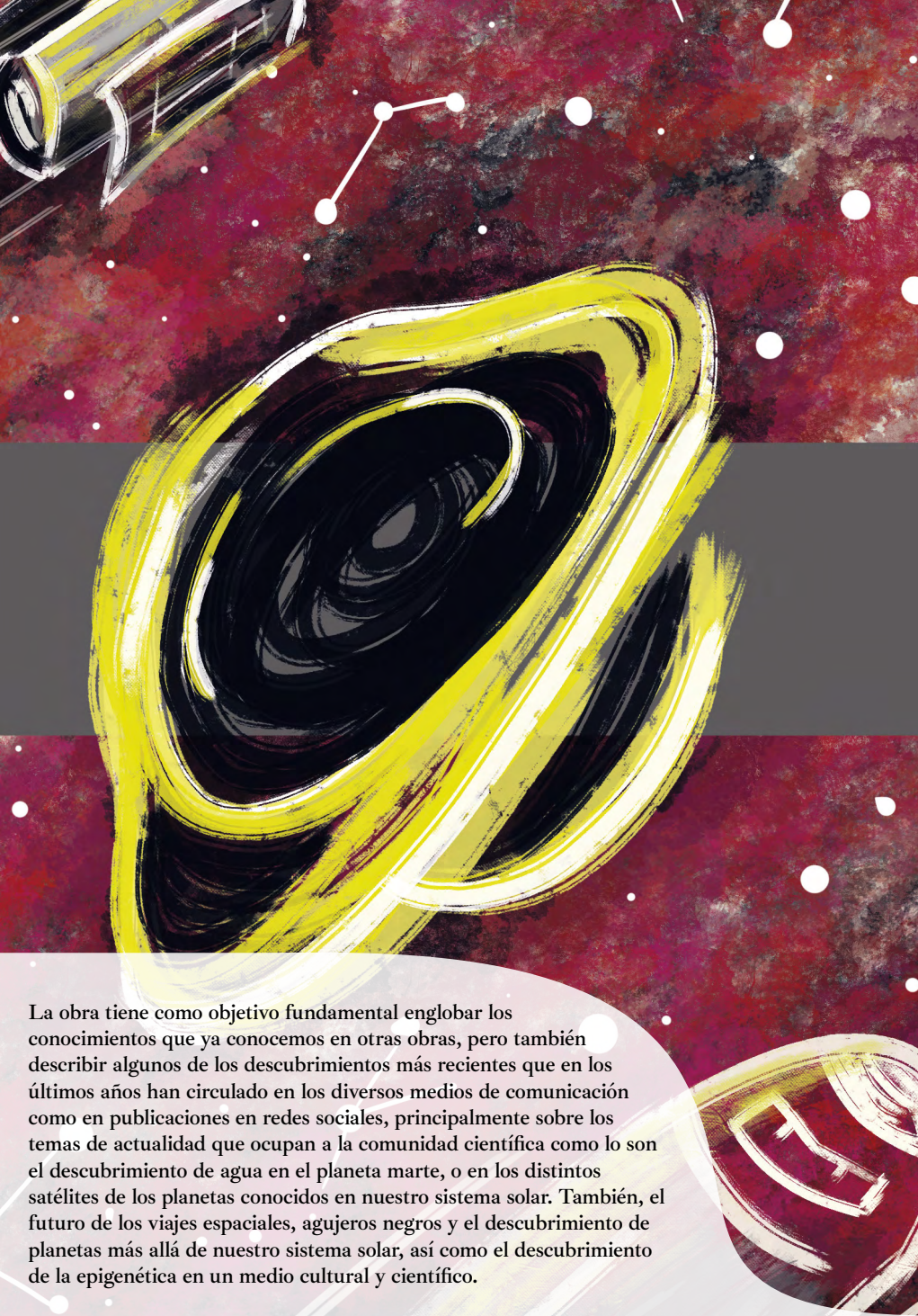


Bibliografía

- Aczel, D. Amir. *¿Por qué la ciencia no refuta a dios?* México, Taurus, 2014.
- Agusti, Jordi. *El ajedrez de la vida*, “Una reflexión sobre la idea de progreso en la evolución”. Barcelona, Crítica, 2010.
- Arroyo, Eduardo. *Ciencia y consciencia “La interacción entre mente y materia”*. RBA, 2018.
- Asimov, Isaac. *Sobre la ciencia-ficción*. Buenos Aires, Argentina Sud-americana, 1982.
- Barat, James. *Nuestra Invención Final*, “Inteligencia artificial y el fin de la era humana”. España, Paidós, 2014.
- Belda, Ignasi. *La inteligencia artificial*, “De los circuitos al conocimiento”. España, RBA, 2017.
- Bonfil Olvera, Martin. *La ciencia por gusto*. España, Paidós, 13ª edición, 2004.
- Chalmers, F. Alan. *¿Qué es esa cosa llamada ciencia? Una valoración de la naturaleza y el estatuto de la ciencia y sus métodos*. México, Siglo XXI, 1982.
- Chimal, Carlos. “El universo en un puñado de átomos”. España, Tusquets, 2016.
- Chopra, Deepak y Milodinow, Leonard. *Guerra de los mundos “ciencia contra espiritualidad”*. México, Aguilar. 2012.

- Close Frank. *Fin, la catástrofe cósmica y el destino del universo*. España, Crítica, 1991.
- Crombie, A. C. *Historia de la ciencia "De San Agustín a Galileo"*, Vol. 1. Madrid, Alianza Editorial, 1985.
- Delgado Mortales, Raúl y Roma Mateos, Carlos. *La Epigenética "como el entorno modifica nuestros genes"*. España, Crítica, 2017.
- Ferris, Timothy. *Informe sobre el universo*. España, Crítica, 1998.
- Holton, Gerard. *Einstein, historia y otras pasiones, "la rebelión de la ciencia en el fin del siglo XX"*. España, Taurus, 1998.
- Hull, I. W. H. *Historia y filosofía de la ciencia*. España, Crítica, 2011.
- Kuhn S., Thomas. *La estructura de las revoluciones científicas*. México, F. C. E., 1971.
- L. Palacios, Sergio. *La guerra de los mundos 2 superhéroes y ciencia-ficción contra las leyes de la física*. Barcelona, Ediciones Robinbook, 2011.
- Margullis, Lynn y Sagan, Dorion. *Microcosmos*. España, Tusquets, 2008.
- Montes, Manuel. *Cuerpos celestes extraños*. España, RBA, 2017.
- Ortiz Quezada, Federico. *Consciencia. "Del origen del universo a la aparición del hombre"*. España, Taurus, 2010.
- Raymo, Chet. *Escépticos y creyentes*. México, Ediciones Ciudadela, 2010.
- Ruiz, Maria Teresa. *Hijos de las estrellas*. España, Debate, 2017.
- Sagan, Carl. *Cosmos*. Barcelona, Planeta, 19ª edición, 1992.
- Sagan, Carl. *El mundo y sus demonios*. Barcelona, Planeta, 1995.

- Sole, Ricard. *La lógica de los monstruos. ¿Hay alternativas a la naturaleza tal como la conocemos?* España, Tusquets, 2014.
- Turney, Chris. *Huesos, piedras y estrellas “la datación, científica del pasado”*. España, Crítica, 2006.
- Uppgren, Arthur. *La tortuga y las estrellas “observaciones de un astrónomo desde la tierra”*. España, Crítica, 2003.
- Valenzuela, José. *La Biónica. “Traspasar los límites de la evolución natural”*. España, RBA, 2018.
- Weinberg, Steven. *Plantar cara “la ciencia y sus adversarios culturales”*. Barcelona, Paidós, 2003.
- Woods Jr., Thomas. *Como la iglesia construyó la civilización occidental*. México, Ediciones Ciudadela, 2010.
- Wright, Jonathan. *Los Jesuitas. “Una historia de los soldados de Dios”*. España, Debate, 2005.



La obra tiene como objetivo fundamental englobar los conocimientos que ya conocemos en otras obras, pero también describir algunos de los descubrimientos más recientes que en los últimos años han circulado en los diversos medios de comunicación como en publicaciones en redes sociales, principalmente sobre los temas de actualidad que ocupan a la comunidad científica como lo son el descubrimiento de agua en el planeta marte, o en los distintos satélites de los planetas conocidos en nuestro sistema solar. También, el futuro de los viajes espaciales, agujeros negros y el descubrimiento de planetas más allá de nuestro sistema solar, así como el descubrimiento de la epigenética en un medio cultural y científico.



Gobierno de Puebla
Hacer historia. Hacer futuro.



**Secretaría
de Educación**

CONCYTEP
Consejo de Ciencia
y Tecnología del Estado
de Puebla