

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS POLÍTICAS Y SOCIALES

LO ESCRITO, ¿ESCRITO ESTÁ?
UN RELATO HISTÓRICO DE LA ASTRONOMÍA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA COMUNICACIÓN
(PRODUCCIÓN AUDIOVISUAL)

PRESENTA:

JOSUÉ WILFRIDO CRESPO ROLDÁN

ASESOR:

FRANCISCA ROBLES



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Esto te tendrá ocupado hasta el mediodía. Después me enseñaras tu trabajo. No te preocupes de otra cosa que tu tarea. El aprendiz no necesita ponerse a pensar.

Eso fue lo que el maestro mecánico le dijo al joven Hans Giebenrath en *Bajo la rueda*.

Me permito aprovechar estas líneas para reconocer el seguimiento dado a este trabajo por los siguientes profesores, sin cuyas críticas y observaciones el proyecto a la luz del cual fue concebida la presente tesis profesional no se habría convertido en el texto que tiene ahora el lector entre sus manos:

Francisca Robles.

Arturo Alvarado Rivas.

Francisco Gomezmont Ávalos.

María Luisa Castro Sariñana.

Ricardo López Gutiérrez.

LO ESCRITO, ¿ESCRITO ESTÁ?

UN RELATO HISTÓRICO DE LA ASTRONOMÍA.

INTRODUCCIÓN.	2
I – LOS PRIMEROS ASTRÓNOMOS.	
1.1 Nacimiento de la astronomía.	11
1.2 Grecia.	16
1.3 Ptolomeo y el geocentrismo.	23
1.4 La dama egipcia.	26
II – ¡LA TIERRA ESTÁ EN EL CENTRO!	
2.1 La edad media.	29
2.2 Semillas del renacimiento.	33
2.3 Nicolás Copérnico.	38
2.4 Tycho Brahe.	43
III – Y SIN EMBARGO SE MUEVEN...	
3.1 Johannes Kepler.	46
3.2 Galileo Galilei.	52
3.3 Isaac Newton.	58
3.4 Albert Einstein.	62
IV – SINFONÍA DEL COSMOS.	
4.1 La mecánica cuántica.	69
4.2 Hiperespacio.	73
4.3 En busca de una teoría final.	77
4.4 De cara al futuro.	80
CONCLUSIONES.	89
ÍNDICE DE IMÁGENES.	92
FUENTES DE CONSULTA.	93

ÍNDICE DE IMÁGENES.

PÁGINA	FUENTE ORIGINAL
18	Sagan, Carl, <i>Cosmos</i> , España, Planeta, 2001, p 58
21	Osserman, Robert, <i>La poesía del universo</i> , España, Crítica, 1997, p 25.
23	Mankiewicz, Richard, <i>Historia de las matemáticas</i> , Barcelona, Paidós, 2000, p 114.
34	Bravo, Silvia, <i>Encuentro con una estrella</i> , México, F.C.E., 1987, p 36.
42	Bravo, Silvia, <i>Encuentro con una estrella</i> , México, F.C.E., 1987, p 38.
47	Mankiewicz, Richard, <i>Historia de las matemáticas</i> , Barcelona, Paidós, 2000, p 89.
67	Cetto, Ana María, <i>La luz</i> , México, F.C.E., 1987, p 101.
75	Abbot, Edwin, <i>Planilandia, una novela de muchas dimensiones</i> , Barcelona, El barquero, 2004, p 93.
76	Kaku, Michio, <i>Hiperespacio</i> , Barcelona, Crítica, 1996, p 88.
81	Sagan, Carl, <i>Cosmos</i> , España, Planeta, 2001, p 230.
82	Kaku, Michio, <i>Hiperespacio</i> , Barcelona, Crítica, 1996, p 39.
84	Kaku, Michio, <i>Hiperespacio</i> , Barcelona, Crítica, 1996, p 266.

INTRODUCCIÓN.

Gerard Genette propone una definición inicial de relato como la “representación de un acontecimiento o de una serie de acontecimientos reales o ficticios, por medio del lenguaje, y más particularmente del lenguaje escrito¹”. Sin embargo –añade el propio autor– de ella podría desprenderse “la sensación de que el relato *fluye espontáneamente*, que nada hay más natural que contar una historia, combinar un conjunto de acciones en un mito, un cuento, una epopeya, una novela²”.

Alberto Paredes afirma que el relato “erige un universo propio en el que el lector asiste a una serie de acontecimientos que suceden ahí, dentro de las palabras³” y se interpretan “como reales o verídicos independientemente de que tengan o no cabida en el mundo físico que compartimos⁴”. Ello se explica por la existencia de “un pacto establecido entre el autor y sus lectores: los sucesos relatados son reales dentro del espacio erigido por el texto⁵”.

Dicho de otro modo, “la obra literaria establece una realidad autónoma y distinta de la del referente, una realidad que se basa a sí misma, pero que mantiene, en diversos grados, una relación con la realidad de la referencialidad, puesto que utiliza los datos que proceden de una cultura dada y de sus circunstancias empíricas, aunque los reorganiza (..), para construir con ellos otra realidad que es verosímil...⁶”.

De acuerdo con Helena Beristáin, los relatos “incluyen los dramas (obras de teatro) y las narraciones (novelas, mitos, leyendas, epopeyas y cuentos); es decir, son las obras que

¹ Genette, Gerard, “Fronteras del relato” en *Análisis estructural del relato*, México, Editorial Coyoacán, 2002, p. 199.

² Genette, Gerard, “Fronteras del relato” en *Análisis estructural del relato*, México, Editorial Coyoacán, 2002, p. 199.

³ Paredes, Alberto, *Manual de técnicas narrativas*, México, Grijalbo, 1993, p. 17.

⁴ Paredes, Alberto, *Manual de técnicas narrativas*, México, Grijalbo, 1993, p. 17.

⁵ Paredes, Alberto, *Manual de técnicas narrativas*, México, Grijalbo, 1993, p. 17.

⁶ Beristáin, Helena, *Análisis estructural del relato literario*, México, Instituto de Investigaciones Filológicas – UNAM, 1982, p. 24.

relatan historias. El hecho de que contienen series de acciones ligadas temporal y causalmente y ejecutadas por personajes es lo que tienen en común todos los relatos⁷”.

Tzvetan Todorov encuentra en todo relato una historia y un discurso: historia porque “evoca una cierta realidad, acontecimientos que habrían sucedido, personajes que, desde este punto de vista, se confunden con los de la vida real⁸” y discurso porque “existe un narrador que relata la historia y frente a él un lector que la recibe⁹”.

Pero “no hay que creer que la historia corresponde a un orden cronológico ideal¹⁰”, pues “el tiempo del discurso es, en un cierto sentido, un tiempo lineal, en tanto que el tiempo de la historia es pluridimensional. En la historia, varios acontecimientos pueden desarrollarse al mismo tiempo; pero el discurso debe obligatoriamente ponerlos uno tras otro¹¹”.

Es decir, “generalmente, el discurso no se pega de manera servil a los ordenamientos de la historia, no es inocente ni hay transparencia en la exposición; por el contrario, frecuentemente se rebela e impone un orden, una lógica, una sintaxis que son suyas propias y que suscitan un juego de analogías y oposiciones, de ajustes y desajustes, de anticipaciones y retrospecciones, de amplificaciones y resúmenes con los de la historia¹²”.

De tal suerte que el discurso “suele desajustar su propio orden respecto del orden de la historia, y aún puede suspender este último para expandirse en reflexiones del autor o del

⁷ Beristáin, Helena, *Análisis estructural del relato literario*, México, Instituto de Investigaciones Filológicas – UNAM, 1982, p. 16.

⁸ Tzvetan, Todorov, “Las categorías del relato literario” en *Análisis estructural del relato*, México, Editorial Coyoacán, 2002, p. 163.

⁹ Tzvetan, Todorov, “Las categorías del relato literario” en *Análisis estructural del relato*, México, Editorial Coyoacán, 2002, p. 163.

¹⁰ Tzvetan, Todorov, “Las categorías del relato literario” en *Análisis estructural del relato*, México, Editorial Coyoacán, 2002, p. 164.

¹¹ Tzvetan, Todorov, “Las categorías del relato literario” en *Análisis estructural del relato*, México, Editorial Coyoacán, 2002, p. 180.

¹² Beristáin, Helena, *Análisis estructural del relato literario*, México, Instituto de Investigaciones Filológicas – UNAM, 1982, p. 86.

narrador y de muy diversa naturaleza; pero también puede identificarse con él estableciendo una coincidencia exacta como ocurre en el discurso directo de los diálogos¹³”.

Además, “el espacio en que se ubican los protagonistas y en que se desarrollan las acciones de la historia nos es ofrecido en la narración a través del discurso que nos permite evocar la escena de los acontecimientos; escena que con frecuencia está muy ligada a la perspectiva de los personajes o a la del narrador¹⁴”.

J. Pouillon propone una clasificación de la percepción que un lector tiene de quien le está contando los acontecimientos (el narrador):

- Narrador > Personaje (visión “por detrás”) .- El narrador sabe más que su personaje y eso “puede manifestarse ya en un conocimiento de los deseos secretos de alguno (...), ya simplemente en la narración de los acontecimientos que no son percibidos por ningún personaje¹⁵”.
- Narrador = Personaje (visión “con”).- El narrador “conoce tanto como los personajes, no puede ofrecernos una explicación de los acontecimientos antes de que los personajes mismos la hayan encontrado¹⁶.”
- Narrador < Personaje (visión “desde afuera”).- El narrador “sabe menos que cualquiera de sus personajes. Puede describirnos sólo lo que se ve, oye, etc., pero no tiene acceso a ninguna conciencia (...) es, pues, un testigo que no sabe nada, y aún más, no quiere saber nada¹⁷.”

¹³ Beristáin, Helena, *Análisis estructural del relato literario*, México, Instituto de Investigaciones Filológicas – UNAM, 1982, p. 86.

¹⁴ Beristáin, Helena, *Análisis estructural del relato literario*, México, Instituto de Investigaciones Filológicas – UNAM, 1982, p. 87.

¹⁵ Tzvetan, Todorov, “Las categorías del relato literario” en *Análisis estructural del relato*, México, Editorial Coyoacán, 2002, p. 183.

¹⁶ Tzvetan, Todorov, “Las categorías del relato literario” en *Análisis estructural del relato*, México, Editorial Coyoacán, 2002, p. 183.

¹⁷ Tzvetan, Todorov, “Las categorías del relato literario” en *Análisis estructural del relato*, México, Editorial Coyoacán, 2002, p. 184.

Vale la pena hacer notar que mientras “en la narración literaria, el papel de narrador es necesariamente ficcional (...), el reportero que narra el desarrollo de una batalla lo hace en su calidad de reportero; el historiador en su calidad de historiador.¹⁸”. En cualquier caso, “no puede haber relato sin narrador y sin oyente (o lector)¹⁹”.

A modo de corolario, podemos afirmar que “el único modo que conoce la literatura en tanto representación es el relato, equivalente verbal de acontecimientos no verbales...²⁰” y suscribir las palabras de Bremond, según las cuales “construye un relato la persona que combina un plan, calcula la evolución posible de una situación o rememora el desarrollo de una acción pretérita²¹”.

¿Por qué un relato histórico de la astronomía?

Habiendo ya establecido las características del relato y los recursos con que cuenta el narrador para elaborarlo, la respuesta a esta pregunta puede encontrarse en las palabras de Susana Biro al señalar que “la mayor parte de las obras de divulgación por escrito comprenden una parte en la que se aborda la historia del tema tratado²²” y en las de Manuel Calvo Hernando cuando aconseja “contar una historia hilvanada en lugar de revisar solamente los experimentos más relevantes que se quieran difundir²³”.

Luis Estrada define a la ciencia como “una actividad humana que tiene por objeto comprender el universo del cual somos parte. Para ello los científicos han establecido un

¹⁸ Beristáin, Helena, *Diccionario de retórica y poética*, México, Porrúa, 2000, p. 355.

¹⁹ Barthes, Roland, “Introducción al análisis estructural de los relatos” en *Análisis estructural del relato*, México, Editorial Coyoacán, 2002, p. 25.

²⁰ Tzvetan, Todorov, “Las categorías del relato literario” en *Análisis estructural del relato*, México, Editorial Coyoacán, 2002, p. 203.

²¹ Beristáin, Helena, *Análisis estructural del relato literario*, México, Instituto de Investigaciones Filológicas – UNAM, 1982, p. 17.

²² Biro, Susana, “Historia de la ciencia para divulgadores” en *Antología de la divulgación de la ciencia en México*, Dirección General de Divulgación de la Ciencia –UNAM, 2002, p 34.

²³ Calvo, Manuel, *Divulgación y periodismo científico: entre la claridad y la exactitud*, México, Dirección General de Divulgación de la Ciencia – UNAM, 2003, p. 17.

modo de proceder que se conoce como *método científico*²⁴”, el cual consiste en “la organización y sistematización del aprendizaje mediante la experiencia²⁵”.

En lo relativo a la divulgación de la ciencia, señala Estrada que “es natural esperar que esta labor refleje con fidelidad el mundo de la ciencia (...), por lo tanto será necesario pregonar lo que hay en ese mundo (...) y decir cómo se logró y qué lo motivó²⁶”. Se trata de “dar al público la misma ciencia de los investigadores, aunque no con la misma precisión ni con los mismos detalles²⁷”.

De tal suerte que “la divulgación de la ciencia deberá caracterizarse por comprender tres elementos: una información clara y precisa de lo logrado por la investigación científica; una descripción de los métodos y procedimientos empleados por los científicos para obtener sus logros, y los elementos necesarios para situar lo anterior en un contexto más amplio, de preferencia uno de cultura general²⁸”.

A juicio de Manuel Calvo Hernando, “el concepto de divulgación científica es más amplio que el de periodismo científico, ya que comprende todo tipo de actividades de ampliación y actualización del conocimiento, con una sola condición: que sean tareas extraescolares²⁹”.

Y es que Pierre Fayard reconoce dos diferencias fundamentales entre la divulgación y la enseñanza. “Por una parte, el público de la divulgación no es cautivo, no existe sanción ni evaluación sobre la integración rigurosa de los conocimientos. Por la otra, la divulgación no

²⁴ Estrada, Luis, et al, *La divulgación de la ciencia*, México, Dirección General de Publicaciones – UNAM, 1981, p. 59.

²⁵ Estrada, Luis, et al, *La divulgación de la ciencia*, México, Dirección General de Publicaciones – UNAM, 1981, p. 60.

²⁶ Estrada, Luis, et al, *La divulgación de la ciencia*, México, Dirección General de Publicaciones – UNAM, 1981, p. 61.

²⁷ Estrada, Luis, “La divulgación de la ciencia” en *Antología de la divulgación de la ciencia en México*, Dirección General de Divulgación de la Ciencia – UNAM, 2002, p 140.

²⁸ Estrada, Luis, et al, *La divulgación de la ciencia*, México, Dirección General de Publicaciones – UNAM, 1981, p. 62.

²⁹ Calvo, Manuel, *Divulgación y periodismo científico: entre la claridad y la exactitud*, México, Dirección General de Divulgación de la Ciencia – UNAM, 2003, p. 17.

pone en marcha programas coherentes de disciplinas, planificados en el tiempo, que jerarquicen una adquisición progresiva y lógica de los conocimientos³⁰”.

Fayard considera que “la imagen pública de las ciencias remite a su enseñanza. Esta última, tal como se practica mayoritariamente en las escuelas y colegios, tiene poco que ver con la formación de un espíritu escéptico, curioso y riguroso. La práctica dominante es el aprendizaje mecánico de las fórmulas que permiten la buena calificación³¹”.

De ahí que Miguel Ángel Herrera argumente: “como la escuela y la familia ya no bastan para inculcar la cultura deseable en los futuros ciudadanos, es obvio que necesitan ayuda. Y esa ayuda, como todos (los divulgadores) sabemos, puede proporcionarla la divulgación. Con su colaboración es posible complementar mucho de lo que ni la escuela ni la familia están logrando³²”. Asimismo, “la divulgación tiene numerosas ventajas sobre la educación formal: no es obligatoria, no se evalúa, no tiene horarios preestablecidos, programas específicos ni condiciones limitantes: se toma cuando, cuanto y donde se desee³³”.

¿Para qué sirve la divulgación científica?

Jesús Mendoza afirma que “el primer propósito de la divulgación científica (...) es la comprensión pública de la ciencia, de la tecnología, de la investigación de ambas, y su conversión en cultura...³⁴”.

³⁰ Fayard, Pierre, *La comunicación pública de la ciencia*, México, Dirección General de Divulgación de la Ciencia – UNAM, 2004, p. 33.

³¹ Fayard, Pierre, *La comunicación pública de la ciencia*, México, Dirección General de Divulgación de la Ciencia – UNAM, 2004, p. 36.

³² Herrera, Miguel Ángel, “Divulgar... ¿Por qué y para qué?” en *Antología de la divulgación de la ciencia en México*, Dirección General de Divulgación de la Ciencia – UNAM, 2002, p. 208.

³³ Herrera, Miguel Ángel, “Divulgar... ¿Por qué y para qué?” en *Antología de la divulgación de la ciencia en México*, Dirección General de Divulgación de la Ciencia – UNAM, 2002, p. 208.

³⁴ Mendoza, Jesús, “Divulgación científica posmoderna en” *Antología de la divulgación de la ciencia en México*, Dirección General de Divulgación de la Ciencia – UNAM, 2002, p. 269.

Ignacio Castro, opina que “la divulgación se refiere a mantener informado al público en general del desarrollo de la ciencia y la tecnología; y prepararlo para los cambios que pueden enriquecer o afectar su vida dependiendo del empleo de las mismas³⁵”.

Entre los objetivos que, a juicio de Florence Toussaint, persigue la divulgación destacan: “poner a disposición del pueblo descubrimientos que enriquecen la comprensión del mundo natural, más profunda y compleja³⁶”, así como “lograr que la mayor cantidad de gente adopte una disposición sin prejuicios de la naturaleza³⁷”.

Toussaint considera que “la importancia de divulgar la ciencia y la tecnología proviene del peso mismo que estas actividades tienen en la vida social, económica, política y cultural de los países³⁸” y “para que la investigación científica se desarrolle en un país, es necesario que la ciencia tenga legitimidad social y una base amplia de apoyo entre los ciudadanos. Este apoyo no puede presuponerse sin la existencia de un grupo numeroso que esté involucrado o interesado en dicha actividad, sin una población que entienda de qué trata la investigación y por qué es importante³⁹”.

Con relación a la manera en que ha de ejercerse la divulgación, Toussaint afirma que “el material de la ciencia y tecnología se resiste a ser tratado como otras informaciones. No es posible banalizarlo, ni restarle complejidad sin correr el riesgo de quitarle todo el rigor que caracteriza a la ciencia⁴⁰”.

³⁵ Castro, Ignacio, “La divulgación de la ciencia y la técnica como catalizadora de la creatividad” en *Antología de la divulgación de la ciencia en México*, Dirección General de Divulgación de la Ciencia –UNAM, 2002, p 72.

³⁶ Toussaint, Florence (coordinadora), *Experiencias de la divulgación de tecnología y ciencia en México*, México, SEP – Subsecretaría de educación e investigación tecnológicas, 1985, p. 19.

³⁷ Toussaint, Florence (coordinadora), *Experiencias de la divulgación de tecnología y ciencia en México*, México, SEP – Subsecretaría de educación e investigación tecnológicas, 1985, p. 19.

³⁸ Toussaint, Florence (coordinadora), *Experiencias de la divulgación de tecnología y ciencia en México*, México, SEP – Subsecretaría de educación e investigación tecnológicas, 1985, p. 17.

³⁹ Toussaint, Florence (coordinadora), *Experiencias de la divulgación de tecnología y ciencia en México*, México, SEP – Subsecretaría de educación e investigación tecnológicas, 1985, p. 17.

⁴⁰ Toussaint, Florence (coordinadora), *Experiencias de la divulgación de tecnología y ciencia en México*, México, SEP – Subsecretaría de educación e investigación tecnológicas, 1985, p. 21.

En el mismo orden, Ana María Sánchez hace notar que, “mientras la ciencia tiene para apoyarse y darle sentido a sus conceptos todo un acervo de técnicas, de metodologías teóricas y prácticas y diversos tipos de lenguaje –fundamentalmente el matemático- la divulgación debe en cierto sentido prescindir de ello y utilizar sólo las herramientas del lenguaje natural para recrear los conceptos de la ciencia (...) y rescatar el espíritu del conocimiento científico⁴¹”.

Por ello Martín Bonfil argumenta que “la divulgación de la ciencia, si bien aspira a comunicar el espíritu de la empresa científica y la importancia de sus métodos (...), no necesariamente está obligada a respetar el nivel de detalle que sería requerido en, digamos, un informe de investigación⁴²”. Y agrega que “no debe considerarse que la necesidad de podar la información que va a divulgarse sea una pérdida, pues lo que se sacrifica en amplitud, profundidad y precisión de los datos, se gana en claridad, interés y cantidad de público.⁴³”.

Enrique Ganem, por su parte, propone “encontrar un balance, siempre insuficiente, entre la precisión y la claridad en la expresión de una idea. En estos casos, es necesario hacer lo posible por mantener la atención del público, aunque sea necesario confesar que una explicación es incompleta⁴⁴”.

A partir de las diversas posiciones presentadas en párrafos anteriores podría inferirse un punto de vista similar al de Ana María Sánchez: “la divulgación es una labor que no admite una sola definición, que además cambia según el lugar y la época. Para algunos, divulgar sigue siendo traducir; para otros, enseñar de manera amena, o informar de forma accesible; se dice también que divulgar es tratar de reintegrar la ciencia a la cultura⁴⁵”.

⁴¹ Sánchez, Ana María, *La divulgación de la ciencia como literatura*, México, Dirección General de Divulgación de la Ciencia – UNAM, 1998, p. 10.

⁴² Bonfil, Martín, “Los derechos del divulgador” en *Antología de la divulgación de la ciencia en México*, Dirección General de Divulgación de la Ciencia –UNAM, 2002, p 40.

⁴³ Bonfil, Martín, “Los derechos del divulgador” en *Antología de la divulgación de la ciencia en México*, Dirección General de Divulgación de la Ciencia –UNAM, 2002, p 41.

⁴⁴ Gánem, Enrique, “Cuatro ofertas” en *Antología de la divulgación de la ciencia en México*, Dirección General de Divulgación de la Ciencia –UNAM, 2002, p 178.

⁴⁵ Sánchez, Ana María, *La divulgación de la ciencia como literatura*, México, Dirección General de Divulgación de la Ciencia – UNAM, 1998, p. 12.

Esta misma autora considera que “no existe un método para divulgar la ciencia, como no lo hay para escribir novelas, pintar cuadros, o componer música⁴⁶”.

A la luz de los conceptos definidos y comentados por los autores citados en páginas previas, se toma como base una historia documentada en las fuentes que cita la bibliografía (véase) para que un narrador rememore el desarrollo de acciones pretéritas, seleccionando acontecimientos específicos en orden a elaborar un discurso que presente al lector una historia hilvanada sobre el nacimiento y desarrollo de la astronomía en términos compatibles con los criterios que debe satisfacer una tesis profesional y de acuerdo con el orden establecido en los cuatro capítulos que conforman **UN RELATO HISTÓRICO DE LA ASTRONOMÍA**:

- I. Los orígenes de la astronomía, la aparición del pensamiento científico en Grecia y su repercusión en la observación del cielo, la cosmovisión de Ptolomeo y uno de los primeros conflictos documentados entre un científico y un ministro del cristianismo.
- II. La edad media, el renacimiento del pensamiento científico en Europa, el modelo copernicano y las observaciones de Tycho Brahe.
- III. Un breve esbozo de las obras de Johannes Kepler, Galileo Galilei, Isaac Newton y Albert Einstein.
- IV. La mecánica cuántica, el hiperespacio, la teoría de supercuerdas y algunas consideraciones en torno a lo que la vertiente tecnológica de ese conocimiento podría significar para la raza humana.

⁴⁶ Sánchez, Ana María, *La divulgación de la ciencia como literatura*, México, Dirección General de Divulgación de la Ciencia – UNAM, 1998, p. 45.

I – LOS PRIMEROS ASTRÓNOMOS.

1.1 NACIMIENTO DE LA ASTRONOMÍA.

“Cada ciencia persigue, a su manera, la búsqueda de los orígenes: los astrofísicos buscan el origen del universo⁴⁷.”

“El descubrimiento de los planetas se pierde en la bruma de la prehistoria. Sólo sabemos que cuando las primeras civilizaciones comenzaron a establecerse, hace poco más de 5000 años, ya se habían identificado siete (...); son, con sus nombres actuales, el Sol, la Luna, Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno⁴⁸.”

Si bien el Sol y la Luna no son considerados planetas en nuestros días, en la antigüedad se daba ese nombre a “cualquier astro que se desplazara respecto a las ‘estrellas fijas’⁴⁹”: esos puntos de luz cuyas posiciones relativas eran siempre las mismas, si bien todos en su conjunto se movían hacia el Oeste.

Cuando nuestros antepasados notaron este fenómeno lo interpretaron como una evidencia de que la Tierra estaba cubierta por una especie de cúpula giratoria. Los antiguos babilonios concebían al cielo como “una gran bóveda semiesférica (y a) la Tierra (...) como un gran disco plano, flotando en el *Apsu*, el gran abismo acuoso⁵⁰”.

Pero “no fue sino hasta que progresó la agricultura y se perfeccionaron los barcos de vela que el hombre pidió información más precisa acerca de los cielos⁵¹”. Ello hizo necesario combinar las observaciones de los astrónomos con una técnica llamada escritura. Y “con la

⁴⁷ Antaki, Ikram, *Segundo renacimiento*, México, Joaquín Mortiz, 1992, p 11.

⁴⁸ Fierro, Julieta, y Herrera, Miguel Ángel, *La familia del Sol*, México, F.C.E., 2003, p. 20.

⁴⁹ Fierro, Julieta, y Herrera, Miguel Ángel, *La familia del Sol*, México, F.C.E., 2003, p. 22.

⁵⁰ Flandes, José Alberto, *Mitología, geometría y física. Las concepciones cosmológicas a través de la historia*, Tesis de Licenciatura (Físico), UNAM, Facultad de Ciencias, 1998, p. 2.

⁵¹ Greene, Jay (compilador), *100 grandes científicos*, México, Diana, 1978, p. 60.

invención de la escritura (...), tuvo que darse el paso siguiente: había que escribir los números⁵²”.

Gracias al lenguaje escrito fue posible registrar observaciones y conservarlas durante décadas, siglos o milenios, lo cual permitió la descripción y el análisis de fenómenos cuya duración excedía a la de una vida humana. Por otra parte, los números proporcionaron la clave para medir el tiempo, dado que los fenómenos astronómicos presentaban cierta regularidad.

“Creo que no existen dudas de que la primera unidad empleada para medir el tiempo fue el día (...), pero no es una unidad conveniente cuando se trata de medir intervalos de tiempo prolongados⁵³”. Se creó, por tanto, el mes lunar con base en el hecho de que “la luna crecía desde la fase de oscuridad completa (Luna nueva) hasta la fase de Luna llena, y regresaba a la fase nueva en un periodo de tiempo bien definido⁵⁴”.

“El estudio de los cielos en la antigüedad se realizó dentro de un contexto mágico. La gente creía (...) que podían observarse en el cielo señales de buenos o malos augurios⁵⁵”. Y los escritos astronómicos más antiguos que se conocen proceden de la antigua Mesopotamia (hoy Irak). El rey asirio Asurbanipal (688-626 AC) mandó construir una enorme biblioteca en la zona de Nínive.

“No se sabe cuántos textos había en la biblioteca, pero en sus ruinas se encontraron alrededor de 22,000 tablillas de arcilla⁵⁶” con inscripciones cuneiformes. Con base en el estudio que se ha hecho de algunas, ha sido posible determinar que los mesopotámicos establecieron con precisión la duración del año y del mes lunar e identificaron constelaciones.

⁵² Asimov, Isaac, *De los números y su historia*, Buenos Aires, Editorial El Ateneo, p. 3.

⁵³ Asimov, Isaac, *De los números y su historia*, Buenos Aires, Editorial El Ateneo, p. 150.

⁵⁴ Asimov, Isaac, *De los números y su historia*, Buenos Aires, Editorial El Ateneo, p. 150.

⁵⁵ Bravo, Silvia, *Encuentro con una estrella*, México, F.C.E., 1987, p. 14.

⁵⁶ Fierro, Julieta, y Herrera, Miguel Ángel, *La familia del Sol*, México, F.C.E., 2003, p. 29.

Mesopotamia no fue el único lugar en donde los hombres practicaban la astronomía. Los egipcios describieron constelaciones y utilizaron como señal para prepararse ante el desbordamiento del Río Nilo a la estrella *Sothis* (hoy Sirio), ya que “hubo una época en que su orto heliaco⁵⁷ coincidía, aproximadamente, con la crecida del Nilo⁵⁸”. Los egipcios aprovecharon ese patrón para introducir el año solar como unidad de tiempo.

No todos los pueblos lograron establecer la duración del año solar, pues hacerlo requería un proceso más complejo que el del mes lunar: era necesario llevar registros de las posiciones diarias del Sol, hacer observaciones sistemáticas hasta el día en que se repitiesen y, con base en ello, determinar que: “el Sol hacía su ciclo completo (...) en aproximadamente 365 días⁵⁹”.

Algunas civilizaciones no se conformaron con describir a la creación, pues también intentaron explicar su forma y su origen. “El mundo de los babilonios, egipcios y hebreos era una ostra, con agua por debajo y más agua por encima, sostenida por el sólido firmamento. De dimensiones moderadas y tan firmemente cerrada por todos lados como una cuna en la guardería o un niño en el seno materno⁶⁰”.

En el caso particular del universo egipcio, éste era concebido como “una caja rectangular alargada de Norte a Sur (...) en cuyo fondo, ligeramente cóncavo, descansaba la Tierra⁶¹”, rodeada por una cadena montañosa, con picos más altos en las cuatro esquinas para sostener el cielo, a manera de columnas que mantenían al techo de un templo en su lugar. De ese cielo pendían todas las estrellas. “El río Nilo fluía por el centro de la Tierra naciendo del *Ur-nes* o río universal que la rodeaba (el cielo tenía su propio Nilo: la Vía Láctea)⁶²”.

⁵⁷ El orto heliaco de una estrella es cuando su aparición en el firmamento matutino coincide con la del Sol.

⁵⁸ Fierro, Julieta, y Herrera, Miguel Ángel, *La familia del Sol*, México, F.C.E., 2003, p. 37.

⁵⁹ Asimov, Isaac, *De los números y su historia*, Buenos Aires, Editorial El Ateneo, p. 153.

⁶⁰ Koestler, Arthur, *Los sonámbulos*, Barcelona, Salvat Editores, 1986, p. 3.

⁶¹ Flandes, José Alberto, *Mitología, geometría y física. Las concepciones cosmológicas a través de la historia*, Tesis de Licenciatura (Físico), UNAM, Facultad de Ciencias, 1998, p. 3.

⁶² Flandes, José Alberto, *Mitología, geometría y física. Las concepciones cosmológicas a través de la historia*, Tesis de Licenciatura (Físico), UNAM, Facultad de Ciencias, 1998, p. 3.

El mundo griego⁶³, por su parte, “ dio nacimiento a uno de los mitos más complejos que relacionaron tiempo y espacio, violencia y sacralidad⁶⁴”. En el principio existía el Caos, una masa sin forma en la cual se confundían los astros con el agua de los mares, los cuerpos pesados con los ligeros y el frío con el calor.

Gea (la tierra) y Urano (el cielo) se separaron de el Caos, aunque luego se enamoraron. El Caos se convirtió en el Cosmos (orden), el cielo se separó de la tierra, la tierra de las aguas y el aire más puro del más pesado. De ese matrimonio nacieron dos hijas y varios hijos, incluyendo al primogénito Titán y a Cronos (el tiempo). Su padre, “que recelaba del poder, genio y audacia de sus hijos, los trató con dureza, los persiguió sin tregua y los encerró, finalmente, en calabozos subterráneos⁶⁵”.

Ahí permanecieron hasta que Gea “conmovida al fin por su suerte, enardeciose, rompió sus cadenas y les proporcionó armas para luchar contra⁶⁶” su progenitor.

Tras el derrocamiento de Urano, Titán accedió a las peticiones de su madre para que renunciara a sus derechos sucesorios como primogénito en favor de Cronos, siempre y cuando este último se comprometiera a eliminar a todos sus hijos varones.

Cronos aceptó el pacto; la forma de cumplirlo era devorando a sus propios hijos tan pronto abandonaban el vientre materno. Pero “Cibeles, esposa de Cronos, no pudo sufrir pasivamente tal atrocidad y frustró la vigilancia de su esposo sustituyendo a Zeus, que acababa de venir al mundo, por una piedra envuelta en pañales, que Cronos engulló sin sospechar el engaño⁶⁷”.

⁶³ Aunque algunas de las fuentes consultadas se refieren a los personajes de la mitología griega por sus nombres romanizados, se utilizará, en todo momento, la nomenclatura en griego.

⁶⁴ Antaki, Ikram, *Grandes temas*, México, Joaquín Mortiz, 1997 (El banquete de Platón), p. 12.

⁶⁵ Humbert, Juan, *Mitología griega y romana*, Barcelona, Gustavo Gili, España, p. 13.

⁶⁶ Humbert, Juan, *Mitología griega y romana*, Barcelona, Gustavo Gili, España, p. 13.

⁶⁷ Humbert, Juan, *Mitología griega y romana*, Barcelona, Gustavo Gili, España, p. 14.

La existencia de ese chico llegó a oídos de Titán, quien responsabilizó a su hermano: le declaró la guerra y lo hizo prisionero. Cuando Zeus alcanzó la adolescencia vio el estado en que había caído su padre; reunió un ejército para liberarlo, expulsar a los titanes del Olimpo y devolverle el trono.

Como a Cronos le habían predicho que uno de sus hijos lo destronaría, no buscó reconciliarse con Zeus y, de hecho, le tendió varias emboscadas. Pero sus esfuerzos por evitar que se cumpliera la profecía no hicieron más que precipitar los acontecimientos: padre e hijo pelearon hasta que el segundo venció al primero y lo expulsó del cielo.

“Los mitos griegos, como el mito del génesis, fueron heredados de los uritas o los hititas, habitantes del Oriente Mediterráneo: así encontramos el mito del diluvio entre los babilonios mucho antes que en la Biblia⁶⁸”.

Pero los helénicos se distinguieron de civilizaciones contemporáneas porque sólo a ellos se les ocurrió que los movimientos de los cuerpos celestes podían ser explicados mediante la razón humana. “A partir de observaciones detalladas y utilizando las matemáticas con las que contaban –la geometría–, construyeron modelos de esos movimientos⁶⁹”.

⁶⁸ Antaki, Ikram, *Ciencia*, México, Joaquín Mortiz, 1997, (El banquete de Platón), p. 113.

⁶⁹ Biro, Susana, *Caja de herramientas para hacer astronomía*, México, Paidós, 2004, p. 15.

1.2 GRECIA.

La *Iliada* y la *Odisea* constituyeron la principal fuente de información para las primeras cosmovisiones griegas: “el mundo de Homero también era una ostra, pero más coloreada, un disco flotante rodeado por el Océano⁷⁰”.

Fue necesario que una serie de factores socioeconómicos se conjugaran en la región de Jonia para que ahí apareciera la idea de que existían principios, fuerzas y leyes de la naturaleza que permitían comprender el mundo “sin atribuir la caída de cada gorrión a la intervención directa de Zeus⁷¹”.

En primer lugar –y en contraste con otros reinos importantes de la antigüedad- Jonia no se encontraba en el centro de un imperio, sino en una encrucijada de varias civilizaciones, entre las cuales podemos mencionar a Egipto y Mesopotamia.

Por otro lado, “algunos de los brillantes pensadores jonios eran hijos de marineros, de campesinos y de tejedores (...), acostumbrados a hurgar y reparar, al contrario de los sacerdotes y de los escribas de otras naciones que, criados en el lujo, no estaban dispuestos a ensuciarse las manos⁷²”.

En ese contexto nació la filosofía y el primer filósofo de quien se tiene registro es Tales de Mileto (624-545 AC). Él consideraba que “el agua, como base y origen de todo, se extendía infinitamente en torno y por debajo de la Tierra plana que flotaba sobre ella apaciblemente, excepto cuando esta agua se agitaba violentamente, provocando que temblara. Por encima de la Tierra (...) el cielo estaba limitado superiormente por la bóveda celesta en la cual las estrellas fijadas, de naturaleza ígnea, se movían de noche conjuntamente⁷³”.

⁷⁰ Koestler, Arthur, *Los sonámbulos*, Barcelona, Salvat Editores, 1986, p. 5.

⁷¹ Sagan, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, p 176.

⁷² Sagan, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, p 176.

⁷³ Flandes, José Alberto, *Mitología, geometría y física. Las concepciones cosmológicas a través de la historia*, Tesis de Licenciatura (Físico), UNAM, Facultad de Ciencias, 1998, p. 14.

A Tales de Mileto no “se le ha llamado el padre de la ciencia⁷⁴” por lo acertado de sus ideas, sino porque “formuló la revolucionaria pregunta de cuál es la materia prima fundamental del universo y mediante qué proceso de la naturaleza se había formado⁷⁵” e introdujo una nueva manera de pensar frente al universo, cuya existencia debía verse como fruto de la interacción entre fuerzas naturales.

Anaximandro de Mileto (611-545 AC), no consideraba al mundo “una caja cerrada, sino infinito en cuanto a extensión y duración⁷⁶”. Pensaba que se había originado cuando una materia prima –que no era “ninguna de las formas familiares de la materia, sino una sustancia sin propiedades definidas, excepto el ser indestructible y eterna⁷⁷”, “se estratificó en los cuatro elementos que él consideraba primordiales: tierra, agua, aire y fuego⁷⁸”.

Pitágoras de Samos (580-500 AC) creía que las leyes de la naturaleza podían ser deducidas a través del pensamiento puro y que las matemáticas permitirían a los hombres comprender una realidad perfecta, de la cual el mundo material no era mas que un mediocre reflejo. “Según la tradición local (...) fue la primera persona del mundo que dedujo que la Tierra era una esfera⁷⁹”.

De acuerdo con la visión pitagórica del mundo, cuatro de los cinco sólidos regulares⁸⁰ referidos por Euclides⁸¹ estaban asociados a los elementos esenciales: tierra, agua, aire y fuego.

⁷⁴ Fierro, Julieta, y Herrera, Miguel Ángel, *La familia del Sol*, México, F.C.E., 2003, p. 40.

⁷⁵ Koestler, Arthur, *Los sonámbulos*, Barcelona, Salvat Editores, 1986, p. 5.

⁷⁶ Koestler, Arthur, *Los sonámbulos*, Barcelona, Salvat Editores, 1986, p. 6.

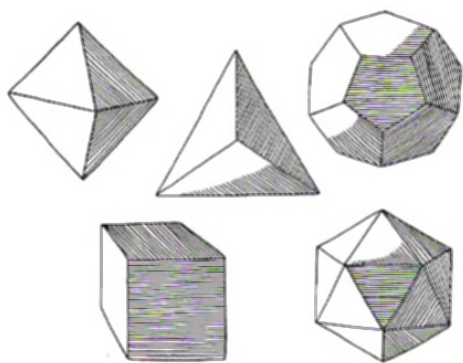
⁷⁷ Koestler, Arthur, *Los sonámbulos*, Barcelona, Salvat Editores, 1986, p. 6.

⁷⁸ Flandes, José Alberto, *Mitología, geometría y física. Las concepciones cosmológicas a través de la historia*, Tesis de Licenciatura (Físico), UNAM, Facultad de Ciencias, 1998, p. 14.

⁷⁹ Sagan, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, p 182.

⁸⁰ También se le conoce como sólidos perfectos y son: tetraedro, cubo, octaedro, dodecaedro e icosaedro.

⁸¹ No se conocen mayores detalles sobre la vida personal de Euclides (330-275 AC). Recopiló el saber existente en el área de la geometría y sistematizó su estudio. Su labor quedó plasmada en un libro de trece tomos llamado *Elementos*.



En cuanto al dodecaedro –el quinto sólido- se le vinculaba con esa quintaesencia de la cual estaban hechos los cuerpos celestiales (el éter). Sin embargo, las únicas figuras perfectas para ellos eran las esferas y los círculos. Por ello asumieron que el movimiento de los planetas debía ser circular.

“El descubrimiento pitagórico de que la altura de una nota dependía de la longitud de la cuerda que la producía y de que los intervalos concordantes en la escala obedecían a simples relaciones numéricas (...) fue la primera reducción con éxito de calidad a cantidad, el primer paso hacia cuantificar la experiencia humana⁸²”.

“La línea que unía a la música con los números se convirtió en el eje del sistema pitagórico⁸³”, según el cual “el Sol, la Luna y los planetas giran en torno de ella (la Tierra) en círculos concéntricos, unido cada uno a una esfera o rueda. La rápida revolución de cada uno de estos cuerpos causaba un silbido o zumbido musical en el aire. Evidentemente, cada planeta zumbaba en distinto tono, que dependía de la relación entre sus respectivas órbitas, del mismo modo que la altura de una cuerda dependía de su longitud⁸⁴”.

Alrededor de 546 AC Jonia fue conquistada por el Imperio Persa; su rey amenazaba con apoderarse de todas las ciudades griegas. Éstas se aliaron para expulsar a los invasores y obtuvieron victorias decisivas en las batallas de Maratón y Salamina. Los persas se retiraron para no volver jamás y Grecia salió fortalecida del conflicto, lo cual le permitió gozar de un breve periodo de paz y prosperidad conocido como “la edad de oro”.

Atenas se convirtió en la nueva capital intelectual del mundo helénico y en ella se cultivaron la filosofía, las letras y la medicina; no así la astronomía. Platón sólo consideraba útil el estudio de los astros en función de su utilidad para la geometría y aunque aceptaba

⁸² Koestler, Arthur, *Los sonámbulos*, Barcelona, Salvat Editores, 1986, p. 10.

⁸³ Koestler, Arthur, *Los sonámbulos*, Barcelona, Salvat Editores, 1986, p. 11.

⁸⁴ Koestler, Arthur, *Los sonámbulos*, Barcelona, Salvat Editores, 1986, p. 13.

algunas ideas aristotélicas, “decía que el hombre mortal estaba imposibilitado de oír la armonía de las esferas debido a la tosquedad de sus sentidos corporales⁸⁵”.

Entre los discípulos de Platón hubo uno llamado Aristóteles (384-322 AC), quien nunca habría asegurado su lugar en la historia por haber escrito que “los de clase inferior son esclavos por naturaleza⁸⁶”, pero sí lo hizo debido a los conocimientos que aportó en diversas ramas del saber.

“Se supone que Aristóteles escribió unos mil libros, de los cuales se han perdido casi todos⁸⁷”. En el caso de sus textos sobre astronomía, la mayor parte de ellos consistía en recopilaciones de otros ya existentes, aunque también explicó las fases de la Luna y sus observaciones de los eclipses lunares le permitieron inferir que “como la sombra de la Tierra sobre la Luna durante los eclipses siempre era redonda, el mundo era esférico en vez de plano⁸⁸”.

Pero sus razonamientos también lo llevaron a defender la idea de que nuestro mundo permanecía inmóvil en el centro del universo. Si la Tierra se moviese, argumentaba, entonces los cuerpos en caída libre no describirían trayectorias rectilíneas al caer, sino que tocarían el suelo a cierta distancia del punto donde fueron lanzados, tal como sucede cuando arrojamamos una piedra desde un carruaje en movimiento.

El universo aristotélico era “un conjunto de esferas homocéntricas, cristalinas e indestructibles, con movimientos perfectos y uniformes (...); entre más externa una esfera fuera, tanto más perfecta y pura era (...) En general, los cuerpos celestes carecían de un movimiento intrínseco, siendo las esferas de cada uno de ellos las que los transportaban por

⁸⁵ Koestler, Arthur, *Los sonámbulos*, Barcelona, Salvat Editores, 1986, p. 59.

⁸⁶ Sagan, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, p 185.

⁸⁷ Greene, Jay (compilador), *100 grandes científicos*, México, Diana, 1978, p. 18.

⁸⁸ Hawking, Stephen, *A hombros de gigantes*, España, Crítica, 2003, p. 11.

los cielos⁸⁹” debido a la acción de un primer principio que hacía girar a la más externa, la cual, a su vez, transmitía el movimiento a la que estaba más próxima y así sucesivamente.

Al término de la edad de oro, el estudio de la astronomía prácticamente desapareció de la Grecia continental, quedando la estafeta en manos de Alejandría, una ciudad fundada hacia 331 AC en la desembocadura del Río Nilo. Cuando el conquistador macedonio Alejandro Magno la hizo construir, ordenó que la dotaran con un museo y una biblioteca, para que los grandes sabios pudiesen estudiar ahí.

En realidad, la biblioteca de Alejandría era mucho más que eso: contaba con salas de investigación, zoológico, jardín botánico, cuartos de disección y observatorio. “Un texto medieval decía que el número de los libros de la biblioteca exterior llegaba a los 42,800; en la interior, había 400 mil *mezclados* y 90 mil no *mezclados* (...) los mezclados comprendían varios escritos; los no mezclados, una sola obra⁹⁰”.

Para incrementar el acervo, las autoridades de la ciudad tomaron la medida de inspeccionar a todos los barcos que entraran al puerto, “no en busca de contrabando, sino de libros. Los rollos eran confiscados, copiados y devueltos luego a sus propietarios⁹¹”.

Si bien la mayor parte de esa colección literaria se perdió, un texto de carácter astronómico que sobrevivió fue *Sobre las dimensiones y las distancias del Sol y de la Luna*, escrito por Aristarco de Samos (310-230 AC). El autor utilizó sus conocimientos matemáticos para tratar de establecer el tamaño de la Luna y la distancia entre la Tierra y el Sol.

Sus cálculos no arrojaron los valores reales, pero la simple idea de que el cielo pudiera ser medido contribuyó a que el universo empezara a dejar de ser un ente místico para convertirse en un ente físico, provisto de dimensiones físicas cuantificables.

⁸⁹ Flandes, José Alberto, *Mitología, geometría y física. Las concepciones cosmológicas a través de la historia*, Tesis de Licenciatura (Físico), UNAM, Facultad de Ciencias, 1998, p. 37.

⁹⁰ Antaki, Ikram, *Grandes temas*, México, Joaquín Mortiz, 1997 (El banquete de Platón), p. 59.

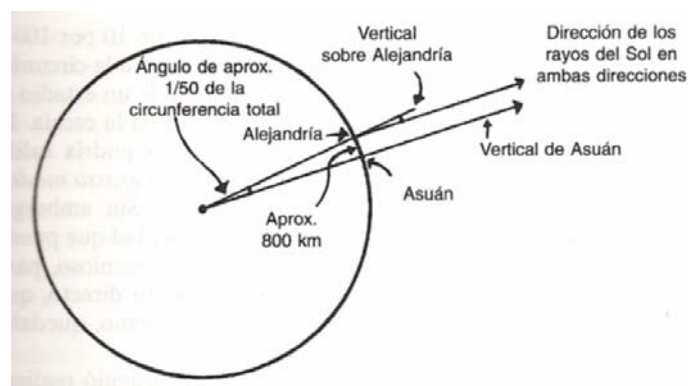
⁹¹ Sagan, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, p. 20.

Aristarco propuso “que las estrellas eran soles distantes⁹²”, que la Tierra giraba sobre su propio eje y que ésta se movía (junto con otros mundos) en órbitas circulares alrededor del Sol. Aún cuando ninguna de estas ideas tuvo eco entre sus contemporáneos, “es por ello que a Aristarco se le suele llamar, con justa razón, ‘el Copérnico griego’⁹³”.

Si el universo podía ser medido, había que empezar por conocer el tamaño de la Tierra. La primera medición respaldada por cálculos geométricos que se conoce⁹⁴ fue hecha por Eratóstenes (276-196 AC). Entre los papiros a los que tuvo acceso en la biblioteca de Alejandría hubo uno donde se daba cuenta de un lugar llamado Siena, Ahí, cada 21 de junio al medio día los objetos dejaban de proyectar sombras.

Dicho de otro modo: a las 12 horas en el solsticio de verano, el Sol se ubicaba exactamente sobre la ciudad de Siena. Cuando el científico quiso verificar si ocurría lo mismo en Alejandría, descubrió que los objetos seguían proyectando sombras.

Eratóstenes sabía que la distancia entre ambas localidades era de 800 kilómetros. Utilizó esta información combinándola con los datos de las sombras observadas y el análisis geométrico para determinar que, vistas ambas desde el centro de la Tierra, ambas ciudades estaban separadas por un ángulo de siete grados.



⁹² Sagan, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, p 189.

⁹³ Fierro, Julieta, y Herrera, Miguel Ángel, *La familia del Sol*, México, F.C.E., 2003, p. 50.

⁹⁴ La narración aquí presentada sobre el particular se ha documentado a partir de textos que incluyen las obras de Fierro, Luminet, Sagan y Osserman (véase bibliografía).

Ahora bien, esos 7 grados eran aproximadamente la cincuentava parte de una circunferencia (que tiene 360). Y como ese ángulo equivalía a los 800 kilómetros que separaban las dos poblaciones, lo único que hacía falta para encontrar el valor de la circunferencia terrestre era multiplicar $800 \times 50 = 40,000$ kilómetros⁹⁵.

Hiparco de Nicea (190-120 AC) no trabajó en Alejandría, sino en Rodas. Fue él “el encargado de perfeccionar los métodos de Eratóstenes, y también el primero, hasta donde alcanzan nuestros conocimientos, que desarrolló la trigonometría, es decir, el estudio sistematizado de las relaciones entre los ángulos y las longitudes de los lados de un triángulo⁹⁶”.

Este astrónomo determinó que la distancia entre la Tierra y la Luna era de 59 radios terrestres (la real es de 60) e ideó una construcción geométrica para reproducir los movimientos del Sol y la Luna por medio de excéntricas y epiciclos⁹⁷.

“Hiparco anticipó que las estrellas nacían, se desplazaban lentamente en el transcurso de los siglos y al final perecían⁹⁸”. Elaboró el primer catálogo de estos cuerpos celestes que se conoce, con más de 850, ubicados mediante coordenadas y clasificadas en seis categorías de acuerdo a su brillo aparente. Sin embargo, cuando cotejó sus registros con los otros que habían sido escritos 150 años atrás, notó que el firmamento había cambiado. Esto lo llevó a descubrir la precesión de los equinoccios⁹⁹.

⁹⁵ El resultado al que llegó Eratóstenes estaba expresado en estadios y su valor era de 250,000 (39.375 Km.). Flandes, Sagan y Fierro (véase bibliografía) coinciden en que un estadio griego equivale aproximadamente a 157.5 metros..

⁹⁶ Osserman, Robert, *La poesía del universo*, España, Crítica, 1997, p. 32.

⁹⁷ Un epiciclo es un círculo cuyo centro se desplaza a lo largo de un círculo más grande.

⁹⁸ Sagan, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, p 334.

⁹⁹ La precesión de los equinoccios tiene su origen en la traslación de la Tierra y en la inclinación de $23^{\circ}27'$ que tiene su eje de rotación con respecto a la vertical. El ciclo de este movimiento dura 25,750 años.

1.3 PTOLOMEO Y EL GEOCENTRISMO

Aquél a quien “sus contemporáneos llamaron el divino Ptolomeo¹⁰⁰”, respondía al nombre de Claudio Ptolomeo y “constituyó, en cierto sentido, el clímax y el fin de la astronomía griega. Nada sabemos sobre su vida, excepto que vivió y trabajó en Alejandría entre los años 127 y 141¹⁰¹”.

Al igual que otros pensadores griegos, él “dio buenas razones para creer que la Tierra era una esfera¹⁰²” y la ubicó “en el centro del universo, rodeada por cielos, también esféricos, que giraban sobre su propio eje circularmente¹⁰³”.

Habiendo estudiado los triángulos esféricos y sus propiedades, Ptolomeo ideó un sistema para ubicar los puntos de una esfera en un mapa plano. El resultado final recibió el nombre de planisferio y apareció por primera vez en un Atlas que ubicaba todos los puntos conocidos de la época entre las islas británicas y Arabia Saudita.



“A pesar de algunos errores imputables a su cálculo equivocado del tamaño de la Tierra, las tablas y mapas en que aparecían estas posiciones resultaron de gran utilidad para los marinos, mercaderes, y generaciones posteriores de geógrafos¹⁰⁴”. El éxito comercial de la invención le permitió a su creador dedicarse completamente a observar el cielo.

¹⁰⁰ Luminet, Jean-Pierre, *El incendio de Alejandría*, Barcelona, Ediciones B, 2003, p. 187.

¹⁰¹ Fierro, Julieta, y Herrera, Miguel Ángel, *La familia del Sol*, México, F.C.E., 2003, p. 53.

¹⁰² Sagan, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, p. 51.

¹⁰³ Flandes, José Alberto, *Mitología, geometría y física. Las concepciones cosmológicas a través de la historia*, Tesis de Licenciatura (Físico), UNAM, Facultad de Ciencias, 1998, p. 52.

¹⁰⁴ Greene, Jay (compilador), *100 grandes científicos*, México, Diana, 1978, p. 30.

Los frutos de esa observación incluyeron “la laboriosa catalogación de 1,028 estrellas¹⁰⁵”, el diseño y construcción de un astrolabio, así como el desarrollo de nuevos modelos geométricos para predecir las posiciones de los cuerpos celestes.

“Tal como Aristóteles, Ptolomeo creía que la Tierra estaba en reposo¹⁰⁶”; argumentaba que si ésta rotara sobre su eje, el movimiento resultante sería tan violento que todos saldríamos expulsados, como si de un volantín se tratase. “El libro que publicó (...) en el año 150 describiendo sus sistema del mundo fue posteriormente llamado *Almagesto* (‘El supremo’), pues este sistema (...) se creyó insuperable¹⁰⁷”.

Aristarco había recurrido a las mediciones para determinar distancias en el universo. Ahora, en cambio, Ptolomeo estaba utilizando la geometría para explicar los movimientos de los planetas, los eclipses y las estaciones, además del orto y ocaso de los astros.

El egipcio “consagraba un día al mes a las demostraciones públicas. Hizo construir un planetario mecánico¹⁰⁸”, a imagen de su cosmovisión, donde “los planetas giraban alrededor de la Tierra unidos a esferas perfectas y transparentes. Pero (en la réplica mecánica) no estaban sujetos directamente a las esferas sino indirectamente, a través de una especie de rueda excéntrica¹⁰⁹”.

Con excepción de nuestro mundo –que permanecía inmóvil en el centro- el universo ptolomeico describía los desplazamientos de los cuerpos celestes con un grado de precisión superior, incluso, al de algunos modelos donde la Tierra se movía alrededor del Sol (incluyendo a uno que aparecería quince siglos más tarde).

¹⁰⁵ Greene, Jay (compilador), *100 grandes científicos*, México, Diana, 1978, p. 30.

¹⁰⁶ Hawking, Stephen, *A hombros de gigantes*, España, Crítica, 2003, p. 12.

¹⁰⁷ Bravo, Silvia, *Encuentro con una estrella*, México, F.C.E., 1987, p. 37.

¹⁰⁸ Luminet, Jean-Pierre, *El incendio de Alejandría*, Barcelona, Ediciones B, 2003, p. 195.

¹⁰⁹ Sagan, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, p. 51.

Las trayectorias estaban descritas mediante distintas combinaciones de círculos y epiciclos; estos últimos no constituyeron un recurso inédito, pues “fueron tomados de Hiparco y se trataba de ideas más bien matemáticas que de observación¹¹⁰”.

“Lo que ahora se llama astrología era llamada por Ptolomeo como pronóstico mediante la astronomía¹¹¹”. Él consideraba que la primera era una ciencia conjetural, pero debía elaborar sus predicciones a partir de los movimientos celestes descritos por la segunda, la cual era ciencia cierta. La mayoría de sus ideas sobre el tema fueron publicadas en el *Tetrabiblos*, en una de cuyas páginas podía leerse:

Cuando Saturno está en Oriente da a sus individuos un aspecto moreno de piel, robusto, de cabello oscuro y rizado, barbudo, con ojos de tamaño moderado, de estatura media, y en el temperamento los dota de un exceso de húmedo y de frío¹¹².

Cabe mencionar que, además de sus trabajos como geógrafo y astrónomo, el divino era capaz de ofrecer demostraciones geométricas como la siguiente, que apareció originalmente en una obra llamada *Sobre la distancia*:

“En primer lugar (...), dibujemos tres líneas mutuamente perpendiculares. Por ejemplo, la esquina de un cubo consiste en tres líneas mutuamente perpendiculares. Luego (...), tratemos de dibujar una cuarta línea que sea perpendicular a las otras tres. No importa cómo tratemos de hacerlo (...), es imposible dibujar cuatro líneas mutuamente perpendiculares¹¹³”.

¹¹⁰ Galicia, Elsa, *Libros de astronomía y astrología de los siglos XV al XVIII en el Fondo de Origen de la Biblioteca Nacional de México*, Tesis de Licenciatura (Licenciado en Bibliotecología), UNAM, Facultad de Filosofía y Letras, 1999, p. 20.

¹¹¹ Galicia, Elsa, *Libros de astronomía y astrología de los siglos XV al XVIII en el Fondo de Origen de la Biblioteca Nacional de México*, Tesis de Licenciatura (Licenciado en Bibliotecología), UNAM, Facultad de Filosofía y Letras, 1999, p. 21.

¹¹² Sagan, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, p 50.

¹¹³ Kaku, Michio, *Hiperespacio*, Barcelona, Crítica, 1996, p. 49.

1.4 LA DAMA EGIPCIA.

“Alejandría fue una etapa fundamental en la transmisión de la cultura antigua. Nunca antes se había decidido juntar, en un mismo lugar, y a tal escala, las huellas escritas del pensamiento humano¹¹⁴”. Alejandro Magno, su fundador, siempre “estimuló el respeto por las culturas extrañas y una búsqueda sin prejuicios del conocimiento¹¹⁵”. A mediados del siglo IV, sin embargo, la ciudad ya formaba parte de las provincias romanas, el emperador Constantino se había declarado cristiano y “la esclavitud había agotado la vitalidad de la civilización clásica¹¹⁶”.

Sólo hizo falta que el cristianismo se convirtiera en la religión oficial del Imperio Romano para que sus ministros decidieran que “el individuo que emitiera una idea nueva o no conforme con el canon se arriesgaba, en el mejor de los casos, al exilio; en el peor a la muerte¹¹⁷”.

Lo que sí estaba permitido era la recopilación del conocimiento ya existente. Y entre quienes ejercían esta actividad se encontraba “Teón, erudito extraordinariamente culto, matemático y astrónomo¹¹⁸”, así como director de la biblioteca de Alejandría y seguidor de los sistemas que combinaban la música con la astronomía. Tuvo una hija a la que llamó Hipatia¹¹⁹.

Hipatia se inició en la ciencia como ayudante de su padre, auxiliándolo en diversos trabajos sobre astronomía y música. Escribió el *Canon astronómico*, entre varios libros de los que sólo conservamos sus nombres y comentó otros: la *Aritmética* de Diofanto, el *Tratado de*

¹¹⁴ Antaki, Ikram, *Historia*, México, Joaquín Mortiz, 1998, (El banquete de Platón, segunda serie), p. 109.

¹¹⁵ Sagan, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, p. 18.

¹¹⁶ Sagan, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, p. 335.

¹¹⁷ Luminet, Jean-Pierre, *El incendio de Alejandría*, Barcelona, Ediciones B, 2003, p. 215.

¹¹⁸ Dzielska, María, *Hipatia de Alejandría*, España, Ediciones Siruela, 2004, p. 82.

¹¹⁹ De acuerdo con Dzielska, la mayoría de las fuentes asumen que Hipatia de Alejandría nació en 370 y murió en 415; una minoría considera que habría nacido en 355, basándose en crónicas según las cuales al momento de morir ella tenía aproximadamente 60 años.

los cónicos de Apolonio y el propio *Almagesto* de Ptolomeo. También utilizó sus conocimientos para fabricar astrolabios e hidroskopios.

Cuando ella tenía 14 años, llegó a Alejandría un obispo llamado Teófilo, quien, “desde el comienzo de su pontificado llevó a cabo una campaña en la ciudad contra el paganismo, eliminando por distintos métodos los cultos religiosos todavía existentes¹²⁰”. La biblioteca y su museo no fueron destruidos, pero se expulsó a los sabios con ideas poco ortodoxas y el propio Teón fue encarcelado, quedando su puesto quedó en manos de un sacerdote a las órdenes de Teófilo.

El padre de Hipatia murió diez años después; durante ese tiempo ella había proseguido con su actividad filosófica sin involucrarse directamente en los conflictos entre cristianos y paganos. Quienes la conocieron la definieron como una mujer de cuyo su rostro “brotaba una luz extraña que deslumbraba a los hombres, les fascinaba y atemorizaba¹²¹”.

Siendo una “figura destacada en la ciudad (...), Hipatia inspiraba respeto y, en determinados círculos provocaba controversia. También llegaría a ser objeto de indignación, agresión y degradación¹²²”. Es posible que alguno de sus colegas en la biblioteca le haya recordado al director que sus fundadores habían emitido un decreto prohibiendo la presencia de mujeres en el inmueble.

Lo cierto es que a la joven se le prohibió volver a poner un pie en el edificio. Ello no impidió que continuase, “viviendo en la más completa indigencia y, a veces, en una casi desnudez, como el filósofo cínico Diógenes. Se desplazaba en un carro (...) e iba así, de plaza en plaza a impartir sus enseñanzas¹²³”.

El clima de tolerancia que había caracterizado a Alejandría no volvió tras la muerte de Teófilo en 412; lo sucedió su sobrino Cirilo, un hombre “impetuoso, ansioso de poder, más

¹²⁰ Dzielska, María, *Hipatia de Alejandría*, España, Ediciones Siruela, 2004, p. 92.

¹²¹ Luminet, Jean-Pierre, *El incendio de Alejandría*, Barcelona, Ediciones B, 2003, p 219.

¹²² Dzielska, María, *Hipatia de Alejandría*, España, Ediciones Siruela, 2004, p. 79.

¹²³ Luminet, Jean-Pierre, *El incendio de Alejandría*, Barcelona, Ediciones B, 2003, p 220.

implacable que su predecesor y tío en la consecución de una mayor autoridad¹²⁴”. Este clérigo emitió un decreto de expulsión contra los judíos que vivían en la ciudad.

Cirilo no ordenó directamente que mataran a Hipatia. Le bastó con acusarla de ser una bruja “consagrada en todo momento a la magia, los astrolabios y los instrumentos musicales¹²⁵”. Se presentaron como pruebas las visitas de astrólogos a su casa, el interés de su padre por la astrología griega, así como el hecho de que Orestes –gobernador de la ciudad y amigo cercano de Hipatia- había dejado de ir a misa.

El objetivo de las calumnias era crear un clima poco favorable para la mujer, dejando el camino libre a cualquier grupo de fanáticos religiosos que estuviese dispuesto a matarla, lo que sucedió en marzo de 415.

Cuando la filósofa volvía a casa su carruaje fue interceptado. “La plebe la sacó del carruaje y la arrastró hasta la iglesia del Cesarión, un antiguo templo del culto al emperador. Una vez allí le arrancaron la ropa y la asesinaron con fragmentos de cerámica.¹²⁶”. “Sus restos fueron quemados, sus obras destruidas, su nombre olvidado. Cirilo fue proclamado Santo¹²⁷”.

¹²⁴ Dzielska, María, *Hipatia de Alejandría*, España, Ediciones Siruela, 2004, p. 97.

¹²⁵ Dzielska, María, *Hipatia de Alejandría*, España, Ediciones Siruela, 2004, p. 103.

¹²⁶ Dzielska, María, *Hipatia de Alejandría*, España, Ediciones Siruela, 2004, p. 105.

¹²⁷ Sagan, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, p. 335.

II – ¡LA TIERRA ESTÁ EN EL CENTRO!

2.1 LA EDAD MEDIA.

“La aportación de los romanos a la civilización fue en derecho, gobierno y paz a punta de espada¹²⁸”, pero no en el ámbito de las ciencias exactas, por lo cual no resulta exagerado afirmar que “con la declinación de la civilización griega se extendió sobre el pensamiento humano la inmensa noche de la edad media¹²⁹”,

La única contribución de Roma a la astronomía sería la reforma al calendario ordenada por el emperador Julio Cesar en 46 AC, aunque el encargado de realizarla no fue un romano, sino Sosígenes de Alejandría. Éste último determinó que “el año 46 AC tuviera una duración de 445 días¹³⁰”, con la intención igualar el término del año civil romano (lunar) con el del solar (utilizado por los egipcios desde tiempo atrás, como probablemente recordará el lector).

El calendario juliano introdujo también los años bisiestos para todos aquellos que fuesen múltiplos de cuatro. Su punto de referencia original era la fecha en que se había fundado la ciudad eterna, ubicando todos los sucesos antes o después de ese momento. “Parece que fue un monje, Denis le Petit, quien propuso, en el año 532, el contar los años a partir del nacimiento de Cristo¹³¹”.

“Dado que, en la edad media, los religiosos se convirtieron en los sucesores de los filósofos de la antigüedad y (...) la iglesia católica ocupó el lugar de la Academia y el Liceo, su actitud determinó todo el clima de la cultura y el rumbo de la enseñanza¹³²”. La cristiandad “hizo de la duda un pecado y emprendió un conflicto y una guerra sin fin contra la inteligencia y las ideas cambiantes de los hombres¹³³”.

¹²⁸ Bell, E.T., *Historia de las matemáticas*, México, F.C.E., 1985, p 95.

¹²⁹ Fierro, Julieta, y Herrera, Miguel Ángel, *La familia del Sol*, México, F.C.E., 2003, p. 55.

¹³⁰ Asimov, Isaac, *De los números y su historia*, Buenos Aires, Editorial El Ateneo, p. 158.

¹³¹ Antaki, Ikram, *Grandes temas*, México, Joaquín Mortiz, 1997 (El banquete de Platón), p. 14.

¹³² Koestler, Arthur, *Los sonámbulos*, Barcelona, Salvat Editores, 1986, p. 61.

¹³³ Antaki, Ikram, *Historia*, México, Joaquín Mortiz, 1998 (El banquete de Platón, segunda serie), p 141.

Fue necesario que un clérigo y francés de nombre Gerberto (945-1003) se convirtiera en el Papa Silvestre II en 999 para que la totalidad del mundo cristiano aceptara la esfericidad de la Tierra. Gerberto fue también “uno de los matemáticos más importantes de su tiempo, escribió sobre geometría, astronomía y métodos de cálculo¹³⁴”. También realizó algunas compilaciones menores sobre geometría. Fue “injustamente acusado en un tiempo de colaboración con el diablo¹³⁵”, debido a su inteligencia.

Pero la decadencia de la ciencia europea, no significó la desaparición del conocimiento a nivel planetario: en la ciudad de La Meca nació un predicador llamado Mahoma (570-632). “Inspirados por las revelaciones de Mahoma, sus seguidores propagaron el mensaje del Corán y establecieron un imperio islámico que, en su momento más álgido, se extendía desde Córdoba a Samarcanda¹³⁶”.

La biblioteca de Alejandría había fundado “un cierto modelo de trabajo intelectual apoyado sobre la biblioteca. Los científicos tuvieron conciencia de la historicidad de un saber¹³⁷” y a comienzos de la edad media aún conservaba parte de su acervo. De acuerdo con un hombre llamado Juan el Gramático, cuando el general árabe Amr ibn al-As llegó a la ciudad en 642, “ordenó distribuir los libros en los baños de Alejandría y utilizarlos como combustible. Se necesitaron seis meses para quemarlos todos¹³⁸”.

Sin embargo, no pasó mucho tiempo antes de que los árabes empezaran a recopilar y asimilar el conocimiento de las naciones con las que iban entrando en contacto, de tal suerte que terminaron integrándolo a su propia cultura y pensamiento científico: “en las ciencias matemáticas árabes observamos la influencia de ideas babilonias, hindúes y griegas¹³⁹”.

¹³⁴ Barrow, John, *El libro de la nada*, España, Crítica, 2001, p. 57.

¹³⁵ Bell, E.T., *Historia de las matemáticas*, México, F.C.E., 1985, p 97.

¹³⁶ Mankiewicz, Richard, *Historia de las matemáticas*, Barcelona, Paidós, 2000, p. 46.

¹³⁷ Antaki, Ikram, *Historia*, México, Joaquín Mortiz, 1998, (El banquete de Platón, segunda serie), p. 110.

¹³⁸ Antaki, Ikram, *Grandes temas*, México, Joaquín Mortiz, 1997 (El banquete de Platón), p. 54.

¹³⁹ Mankiewicz, Richard, *Historia de las matemáticas*, Barcelona, Paidós, 2000, p. 46.

La ciencia y las artes florecieron en Siria, Mesopotamia, Egipto y Andalucía. Incluso aparecieron “en el primer plano del pensamiento islámico, hombres que hablaban y escribían en árabe, pero que al mismo tiempo odiaban y despreciaban a los árabes¹⁴⁰”, por considerarlos una especie de advenedizos con menor peso histórico que ellos.

Hacia 765, Harun al-Rashid, califa de Bagdad, ordenó que se colectara y tradujera la mayor cantidad de escritos griegos posible. Su hijo y sucesor Al-Ma'mun (813-833) “estipuló, como parte de un tratado de paz con el Imperio Bizantino, la entrega, por parte de los bizantinos, de numerosos manuscritos griegos¹⁴¹”, que luego fueron traducidos al árabe.

Este mismo soberano fundó en su capital la “Casa de la Sabiduría”, con instalaciones que incluían observatorio y biblioteca. Ahí laboraban eruditos, traductores y astrónomos procedentes de todo el mundo.

Bagdad se convirtió en una nueva Alejandría, donde los pensadores podían discutir libremente sus ideas. “Alrededor de cada mezquita surgían como hongos las librerías. Allí se reunían literatos y sabios para contratar a los copistas. Estas tiendas eran los salones de lectura del Oriente árabe¹⁴².” Probablemente en esa época ya conocían el sistema de numeración inventado en la India (que más tarde introdujeron en Europa y hoy se usa en todo el planeta) y empezaban a desarrollar el álgebra.

Uno de los libros cedidos a Al-Ma'mun por los bizantinos fue el *Almagesto*. “La obra de Ptolomeo fue resumida por Al Fraganus (Al-Farghani en árabe) y con ello se establecieron los fundamentos de la astronomía árabe¹⁴³”. Este pueblo aceptó sin reservas el modelo del universo propuesto por Ptolomeo y prefirieron dedicar sus energías a estudiar la posición de las estrellas, así como al cómputo y cálculo de diversos eventos celestes.

¹⁴⁰ Antaki, Ikram, *La cultura de los árabes*, México, Siglo XXI, 1991, p 62.

¹⁴¹ Flandes, José Alberto, *Mitología, geometría y física. Las concepciones cosmológicas a través de la historia*, Tesis de Licenciatura (Físico), UNAM, Facultad de Ciencias, 1998, p. 70.

¹⁴² Antaki, Ikram, *La cultura de los árabes*, México, Siglo XXI, 1991, p 69.

¹⁴³ Flandes, José Alberto, *Mitología, geometría y física. Las concepciones cosmológicas a través de la historia*, Tesis de Licenciatura (Físico), UNAM, Facultad de Ciencias, 1998, p. 70.

El conocimiento del cielo llegó a ser un asunto tan importante para ellos como la propia religión, pues cuando oraban debían hacerlo con el rostro viendo hacia La Meca, por lo que necesitaban conocer su ubicación en todo momento y con la mayor precisión posible.

El científico Ibn al-Haytham llevó a cabo “importantes adelantos en la óptica de lentes y espejos (...), hizo un buen cálculo de la altura de la atmósfera, basado en la duración del crepúsculo (y) anticipó un descubrimiento reservado a un lejano porvenir: que la luz viaja con una velocidad finita¹⁴⁴”.

Las primeras tablas astronómicas de origen árabe que se conocen datan de finales del siglo IX y fueron hechas por Mamad ibn Jabir Sinan Abu-Andalla al Batani (mejor conocido como Albategnius), quien fue considerado el astrónomo más grande entre los árabes.

Albategnius comparó sus observaciones con los registros ptoloméricos y notó que existían diferencias significativas, así que trabajó en la conformación de un catálogo de estrellas tomando en cuenta la precesión de la Tierra. También se le ocurrió utilizar la trigonometría para establecer la duración del año, obteniendo un valor de “365 días con 5 horas, 46 minutos y 24 segundos¹⁴⁵”.

Otros astrónomos destacados fueron Nassic Eddin e Ibn ash-Shatir. El primero estableció “un observatorio en Moragah, al noroeste de Persia, elaboró tablas astronómicas para calcular los movimientos de los planetas y un catálogo de estrellas¹⁴⁶”. El segundo fue, de acuerdo con algunos autores, “el precursor de los modelos copernicanos¹⁴⁷”.

¹⁴⁴ Cetto, Ana María, *La luz*, México, F.C.E., 1987, p. 70.

¹⁴⁵ Flandes, José Alberto, *Mitología, geometría y física. Las concepciones cosmológicas a través de la historia*, Tesis de Licenciatura (Físico), UNAM, Facultad de Ciencias, 1998, p. 71.

¹⁴⁶ Galicia, Elsa, *Libros de astronomía y astrología de los siglos XV al XVIII en el Fondo de Origen de la Biblioteca Nacional de México*, Tesis de Licenciatura (Licenciado en Bibliotecología), UNAM, Facultad de Filosofía y Letras, 1999, p. 23.

¹⁴⁷ Flandes, José Alberto, *Mitología, geometría y física. Las concepciones cosmológicas a través de la historia*, Tesis de Licenciatura (Físico), UNAM, Facultad de Ciencias, 1998, p. 76.

2.2 SEMILLAS DEL RENACIMIENTO.

Con la llegada del segundo milenio –en particular a partir del siglo XII- resurgió en Europa el interés por la ciencia. Junto al deseo de acceder al saber de los clásicos, existía la inquietud por generar nuevo conocimiento.

Se establecieron las primeras universidades en París, Oxford, Cambridge, Bolonia, Padua y Salamanca. A la mayoría de ellas empezaron a llegar –vía España- las traducciones de pensadores prohibidos, pero cuyas obras habían sido recuperadas por los árabes.

“Quizás el más grande traductor fue Gerardo de Cremona (1114-1187), al que se le adjudican más de 85 traducciones. Fue a Toledo originalmente para aprender árabe con el fin de leer el *Almagesto* de Ptolomeo, pues en ese momento no existía la traducción latina¹⁴⁸”.

“Este desarrollo preocupó a la iglesia que, desde al alto medioevo, ejercía su monopolio escolar; por ello creó el sistema llamado *licentia docendi*: para abrir una escuela, aún privada, se necesitaba tener una ‘autorización para enseñar’ otorgada en cada diócesis por la autoridad episcopal¹⁴⁹”.

Entre los fundadores de la universidad parisina, vale la pena destacar a Pedro Abelardo (1079-1142), “una de las encarnaciones más atractivas de la moral y de la literatura de su tiempo¹⁵⁰”. Consideraba que “las verdades de la escritura deberían ir a la par con los descubrimientos de la razón¹⁵¹”.

Sostenía que “la primera llave de la sabiduría era preguntarse continua y frecuentemente las cuestiones, porque es por la duda que llegamos al examen y por el examen

¹⁴⁸ Mankiewicz, Richard, *Historia de las matemáticas*, Barcelona, Paidós, 2000, p. 55.

¹⁴⁹ Antaki, Ikram, *Grandes temas*, México, Joaquín Mortiz, 1998 (El banquete de Platón, segunda serie), p. 106.

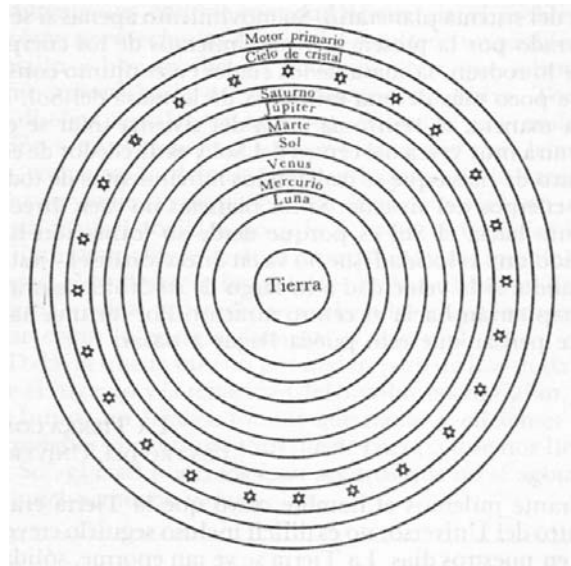
¹⁵⁰ Antaki, Ikram, *Filosofía*, México, Joaquín Mortiz, 1997 (El banquete de Platón, segunda serie), p. 35.

¹⁵¹ Antaki, Ikram, *Filosofía*, México, Joaquín Mortiz, 1997, (El banquete de Platón), p. 40.

que llegamos a la verdad¹⁵²”. Criticó, por igual, la inmoralidad de los sacerdotes y la venta de indulgencias.

Los planteamientos de Abelardo en torno a la argumentación racional y la libre discusión de ideas ejercieron su influencia en los nacientes modelos educativos universitarios y en la obra de otros filósofos. Dos de ellos, Alberto Magno (1206-1280) y su discípulo Tomás de Aquino (1225-1274), fusionaron la filosofía de Aristóteles y la cosmovisión de Ptolomeo con la doctrina católica.

Una de las consecuencias que trajo consigo dicha integración fueron las discusiones sobre la llamada "teoría del ímpetus". A este respecto, Tomás de Aquino afirmó que “el Universo era una esfera llena de materia en todo su volumen siendo imposible el vacío, pues cualquier movimiento que se diera era resultado de un contacto físico directo o indirecto entre dos cuerpos, lo cual resultaba la primera y suprema prueba de la existencia de Dios, pues debía existir un primer motor, dios, que imprimiera un impulso primigenio, el Primum mobile¹⁵³”.



En contraparte, Guillermo de Ockham (1295-1394) argumentó que no era necesario el contacto físico para producir movimiento y dio como ejemplo el comportamiento de los imanes, capaces de atraer el hierro sin tocarlo. El pensamiento de este personaje también derivó en “lo que se conoció como la navaja de Ockham (...), la idea de que en la ciencia se debía tener en cuenta la más sencilla de las soluciones¹⁵⁴”.

¹⁵² Antaki, Ikram, *Filosofía*, México, Joaquín Mortiz, 1997, (El banquete de Platón), p. 42.

¹⁵³ Flandes, José Alberto, *Mitología, geometría y física. Las concepciones cosmológicas a través de la historia*, Tesis de Licenciatura (Físico), UNAM, Facultad de Ciencias, 1998, p. 79.

¹⁵⁴ Mankiewicz, Richard, *Historia de las matemáticas*, Barcelona, Paidós, 2000, p. 58.

Entre los precursores del actual método científico encontramos a Roger Bacon (1214-1294), quien conocía la obra de los científicos de la antigüedad, pero “no podía creer que hubieran hecho las aportaciones finales al conocimiento¹⁵⁵” del mundo.

“Hay quienes consideran que Bacon fue el inventor de los anteojos. Se dice que recomendaba su uso a los ancianos y a las personas de vista débil¹⁵⁶. Aún después de haberse unido a una orden franciscana en su país natal, continuó haciendo experimentos y escribiendo sus ideas, lo que le valió la hostilidad de sus superiores.

El ahora monje consideraba que “el fin último de la ciencia era el de servir a la Iglesia y creía que la cristiandad estaría protegida gracias a su poder sobre la naturaleza¹⁵⁷”. Hizo llegar al Papa Clemente IV sus libros *Opus maius* y *Opus minor*. El segundo era una versión abreviada del primero; los temas abordados incluían temas como filosofía vs. teología, estudio de los idiomas, importancia de las matemáticas y ciencia experimental. En *Opus maius*, además, “Bacon describía muy claramente las propiedades de una lente para amplificar la letra escrita¹⁵⁸”.

Roger Bacon intentó escribir una obra enciclopédica sobre todas las ciencias. Se quedó lejos de completar su proyecto, ya que en 1277 fue enviado a prisión, donde pasó el resto de su vida. El acusador fue Jerónimo de Ascoli –general de los franciscanos y el futuro Papa Nicolás IV-, con motivo de las “novedades sospechosas¹⁵⁹” que contenían sus enseñanzas.

Peuerbach (1423-1461) introdujo modificaciones menores al modelo de Ptolomeo y escribió sus ideas en *Nueva teoría de los planetas*. Sus observaciones le permitieron darse cuenta de que las tablas astronómicas de la época tenían errores en sus registros y predicciones, así que asumió el reto de corregirlas. Aunque la muerte lo sorprendió antes de

¹⁵⁵ Greene, Jay (compilador), *100 grandes científicos*, México, Diana, 1978, p. 36.

¹⁵⁶ Cetto, Ana María, *La luz*, México, F.C.E., 1987, p. 72. La propia fuente señala que para esa época los vidrieros en Venecia y Pisa ya habían desarrollado las técnicas requeridas para fabricar anteojos, por lo que Bacon pudo no haber sido el primero en construirlos.

¹⁵⁷ Greene, Jay (compilador), *100 grandes científicos*, México, Diana, 1978, p. 37.

¹⁵⁸ Malacara, Daniel y Malacara, Juan Manuel, *Telescopios y estrellas*, México, F.C.E., 1988, p. 14.

¹⁵⁹ Greene, Jay (compilador), *100 grandes científicos*, México, Diana, 1978, p. 40.

que pudiera completar esa tarea, lo sucedió en ella su alumno Johann Müller (1436-1476), también conocido como Regiomontano.

Regiomontano tuvo acceso a la mejor tecnología de su época, incluyendo una imprenta. La utilizó para publicar calendarios, “numerosos tratados sobre astrología, astronomía, geometría y fabricación de instrumentos¹⁶⁰”, traducciones de los viejos manuscritos astronómicos griegos, así como sus propios libros. Uno de los más populares fue *Efemérides*, un registro de las posiciones del Sol, la Luna y los planetas entre 1475 y 1506.

El esfuerzo de Müller y su equipo se tradujo en las tablas astronómicas más precisas hasta entonces, y que constituyeron la base para que un hombre sin nariz desarrollara las propias, cien años después.

En ese momento ya resultaba evidente la imprecisión del calendario juliano, que se había desfasado 10 días con respecto al año astronómico real que supuestamente estaba midiendo y se hizo necesaria una nueva reforma.

En 1576 el Papa Gregorio XIII firmó la bula por la cual se instituía un nuevo calendario en los países católicos y que posteriormente sería aceptado por las otras naciones. La principal diferencia con su predecesor fue la supresión de tres años bisiestos (los terminados en 00 que no eran divisibles por 400) cada cuatro siglos, pues “el año juliano se adelantaba un día entero cada 128 años¹⁶¹”, es decir, tres días en 384 años.

Si bien, la obra de los personajes mencionados en párrafos anteriores no es comparable al legado de los titanes que los sucedieron, sus trabajos constituyeron las primeras luces del alba que puso fin a la noche medieval.

¹⁶⁰ Galicia, Elsa, *Libros de astronomía y astrología de los siglos XV al XVIII en el Fondo de Origen de la Biblioteca Nacional de México*, Tesis de Licenciatura (Licenciado en Bibliotecología), UNAM, Facultad de Filosofía y Letras, 1999, p. 25.

¹⁶¹ Asimov, Isaac, *De los números y su historia*, Buenos Aires, Editorial El Ateneo, p. 160.

Y es que la Europa donde viviría el personaje de quien hablaremos a continuación, era la misma en cuyos templos y conventos seguían celebrándose misas como medio para alcanzar la victoria en la guerra o provocar ciertos fenómenos climáticos; la misma en donde “los monjes de Troyes excomulgaron oficialmente a los gusanos que acababan con las cosechas¹⁶²”.

¹⁶² Antaki, Ikram, *Ciencia*, México, Joaquín Mortiz, 1998 (El banquete de Platón, segunda serie), p 63.

2.3 COPÉRNICO.

A Nicolás Copérnico se le considera el fundador de la astronomía moderna. “Este honor le fue atribuido porque fue el primero en llegar a la conclusión de que los planetas y el Sol no giraban alrededor de la Tierra¹⁶³”. Nació el 19 de febrero de 1473 en Torún, Polonia y se matriculó en la Universidad de Cracovia al cumplir 19 años, quedando bajo la tutela de un tío astrónomo y matemático, gracias al cual Nicolás empezó a interesarse en tales quehaceres.

Tras 4 años de estancia en Cracovia, el príncipe-obispo Lucas Watzelrode (otro de sus tíos) lo envió a la universidad de Bolonia, donde estudió derecho y medicina, actividades habituales entre las clases acomodadas polacas de la época. Además de eso, amplió sus conocimientos de matemáticas, desarrolló aptitudes como pintor y poeta y aprendió griego para poder leer los textos originales de los antiguos astrónomos.

Tras haberse doctorado en derecho canónico –y luego de la muerte de su tío-, se fue a vivir a Frauemburg, donde se dedicó a observar y registrar los movimientos de los cuerpos celestes. “Usando fórmulas matemáticas y su teoría del movimiento de los planetas, predijo las posiciones de los planetas Marte, Saturno, Júpiter y Venus. Luego, explorando ansiosamente el cielo durante varios años para ver si sus cálculos eran correctos, descubrió con gran alegría que lo eran¹⁶⁴”.

El modelo copernicano asumió que “el Sol yacía en el centro de todo, tal que el centro del mundo estaba situado en el Sol¹⁶⁵”, mientras la Tierra y los demás planetas girando a su alrededor y sobre su propio eje, lo cual explicaba el día y la noche. Dado este sistema de referencia, las matemáticas permitirían predecir la posición de los planetas en un momento determinado.

¹⁶³ Hawking, Stephen, *A hombros de gigantes*, España, Crítica, 2003, p. 11.

¹⁶⁴ Greene, Jay (compilador), *100 grandes científicos*, México, Diana, 1978, p. 49.

¹⁶⁵ Flandes, José Alberto, *Mitología, geometría y física. Las concepciones cosmológicas a través de la historia*, Tesis de Licenciatura (Físico), UNAM, Facultad de Ciencias, 1998, p. 88.

La intención original de Copérnico no era revolucionar nuestra cosmovisión: “conservador hasta la médula de sus huesos, buscaba simplemente una disposición geométrica del Sistema Solar que permitiese una explicación del movimiento observado de los planetas en términos exclusivamente de movimientos circulares ‘puros’¹⁶⁶.”

Nicolás hizo circular sus ideas a través de un documento de distribución limitada cuyo título era *Comentario sobre las teorías de los movimientos de los objetos celestes a partir de sus disposiciones*, también llamado *Breve comentario*. En él, Copérnico afirmaba que el aparente movimiento del firmamento se debía a la rotación de la Tierra, cuyo centro sólo lo era de la gravedad y la órbita lunar.

El polaco siguió desarrollando las tesis de su *Pequeño comentario* hasta que las convirtió en un libro llamado *Sobre las revoluciones de las órbitas celestes*. La obra estuvo lista en 1530, pero sólo sería publicada hasta 1543. “El riesgo de una condena eclesiástica no era, sin embargo, la única razón de sus dudas respecto de la publicación, sino que era un perfeccionista y consideraba que sus observaciones debían ser verificadas y revisadas una y otra vez¹⁶⁷”.

Hacia 1539 un matemático al que la historia recuerda como Rético visitó a Copérnico con la intención de estudiar sus teorías. Se entusiasmó tanto cuando las conoció que publicó una versión de la obra copernicana bajo el título *Narratio Prima* en 1540. La consecuencia más inmediata fue que la figura del polaco empezó a ganar fama. La otra fue que en el ocaso de su vida, éste le confió a Rético su obra ya terminada para que la hiciera imprimir y publicar. El manuscrito estuvo listo hacia 1540 y de inmediato fue entregado a un impresor luterano de Nuremberg.

Sobre las revoluciones de las órbitas celestes apareció en 1543, con una dedicatoria al Papa Paulo III. En ella, el autor recordaba las ideas pitagóricas según las cuales el brillo del Sol y la Luna no era propio, pues estos cuerpos sólo reflejaban la luz de un fuego central antes

¹⁶⁶ Fierro, Julieta, y Herrera, Miguel Ángel, *La familia del Sol*, México, F.C.E., 2003, p. 62.

¹⁶⁷ Hawking, Stephen, *A hombros de gigantes*, España, Crítica, 2003, p. 12.

de concluir que “esta educación absurda le había proporcionado un indicio para su propia teoría heliocéntrica del sistema solar¹⁶⁸”.

Nicolás Copérnico recibió un ejemplar –de los seis que conformaron esa primera edición- en su lecho de muerte. Ese mismo año “sufrió una parálisis del lado derecho y se fue debilitando física y mentalmente¹⁶⁹”. En otras circunstancias, probablemente habría notado que su obra incluía un prólogo que él no había escrito y la palabra “hipótesis” en la portada. Tales cambios eran consecuencia de la intervención del impresor en Nuremberg, el cual había pedido al teólogo luterano Andreas Osiander que realizara algunas modificaciones.

Osiander no firmó la nota preliminar titulada “Al lector sobre las hipótesis de esta obra”, “lo cual invitaba a considerarla como el punto de vista del autor¹⁷⁰”. Eso no evitó, empero, que otros teólogos protestantes atacaran al libro. El propio Martín Lutero “lo acusó de ser un necio que quería ‘volver completamente al revés el arte de la astronomía’¹⁷¹”.

En *Sobre las revoluciones de las órbitas celestes*, Copérnico “argumentaba que nada sería más natural para la voluntad divina creadora del mundo que colocar al majestuoso y resplandeciente Sol, fuente de luz, calor y vida, en el centro para repartir sus dones por todo el Universo¹⁷²”. Algunos de los principales razonamientos que sustentaba eran¹⁷³:

- *El mundo es esférico, sea porque es la forma más perfecta de todas, sea porque es la más capaz de todas las figuras, sea porque el Sol, la Luna y las estrellas aparecen con esa forma o sea porque con tal forma todas las cosas tienden a perfeccionarse. El agua en las gotas de lluvia, por ejemplo, tiende a asumir la forma esférica.*

¹⁶⁸ Bell, E.T., *Historia de las matemáticas*, México, F.C.E., 1985, p. 70.

¹⁶⁹ Hawking, Stephen, *A hombros de gigantes*, España, Crítica, 2003, p. 15.

¹⁷⁰ Fierro, Julieta, y Herrera, Miguel Ángel, *La familia del Sol*, México, F.C.E., 2003, p. 64.

¹⁷¹ Greene, Jay (compilador), *100 grandes científicos*, México, Diana, 1978, p. 50.

¹⁷² Bravo, Silvia, *Encuentro con una estrella*, México, F.C.E., 1987, p. 41.

¹⁷³ Hawking (*A hombros de gigantes*) ofrece una traducción de la obra escrita por Copérnico. No es objetivo del presente relato más que enunciar algunas de sus ideas centrales.

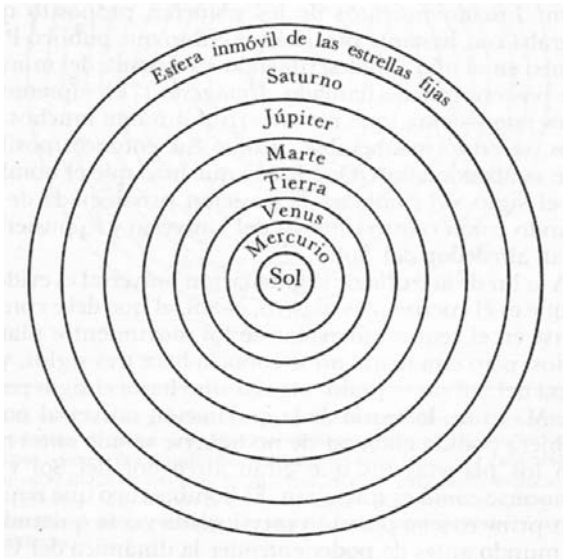
- *La Tierra es esférica, puesto que por cualquier parte se apoya en su centro, sin embargo no es una esfera perfecta debido a la geografía.*
- *“El movimiento de los cuerpos celestes es regular y circular, perpetuo o compuesto por movimientos circulares¹⁷⁴.”*
- *Todas las cosas que están sobre la Tierra tienden hacia el centro de ésta. Al caer describen trayectorias que forman ángulos rectos con la superficie, que es la que impide que tales objetos lleguen al centro.*

Lo expresado en el último punto hizo totalmente compatible a una Tierra en movimiento con los argumentos dados por Aristóteles (los objetos en caída libre no se desvían) y Ptolomeo (saldríamos disparados a causa de la rotación) en apoyo de la hipótesis contraria y daba sustento al argumento de que “la Tierra arrastraba consigo el aire y todos los cuerpos que en ella estaban, por lo que no se observaban vientos ni desplazamientos relativos¹⁷⁵”.

El autor de *Sobre las revoluciones de las órbitas celestes* nunca abandonó su intención original de simplificar el modelo de Ptolomeo; la lectura previa del *Almagesto* era necesaria para comprender los argumentos copernicanos, muchos de los cuales se desarrollaban a partir de las incoherencias existentes en los planteamientos del astrónomo alejandrino.

¹⁷⁴ Hawking, Stephen, *A hombros de gigantes*, España, Crítica, 2003, p 26.

¹⁷⁵ Bravo, Silvia, *Encuentro con una estrella*, México, F.C.E., 1987, p. 41.



La cosmovisión copernicana estableció correctamente el orden de los planetas conocidos, sostenía que la Tierra daba una vuelta alrededor del Sol cada año y completaba un giro sobre su eje cada día.

También explicó matemáticamente la precesión de los equinoccios y los movimientos planetarios, lunares y estelares.

“Recordemos que el canónigo Copérnico sólo registró veintisiete observaciones propias en todo su Libro (...), y se atuvo, en lo demás, a los datos de Hiparco, Ptolomeo y otros¹⁷⁶”. De hecho, su modelo “no era en realidad tan sencillo como parecía, además de que sus predicciones para los movimientos de los planetas resultaban menos precisas que las del sistema de Ptolomeo¹⁷⁷”

Aún así, el polaco había tenido éxito en sacar a la Tierra de su privilegiada posición para ponerla en el lugar que le corresponde: girando con los demás planetas alrededor del Sol.

¹⁷⁶ Koestler, Arthur, *Los sonámbulos*, Barcelona, Salvat Editores, 1986, p. 221.

¹⁷⁷ Bravo, Silvia, *Encuentro con una estrella*, México, F.C.E., 1987, p. 42.

2.4 TYCHO BRAHE (1546-1601).

Al igual que Copérnico, Tycho Brahe recibió una formación integral; uno de sus tíos lo había adoptado “y procuró que recibiera la mejor educación posible¹⁷⁸”, de modo que aprendió a hablar en latín, a escribir poemas, a componer música y a manejar la espada.

En alguna ocasión el danés tuvo la oportunidad de escuchar el augurio de unos astrólogos pronosticando un eclipse para agosto de 1560. Cuando el fenómeno se produjo, “la gran revelación para Tycho fue la posibilidad de predecir los acontecimientos astronómicos, en claro contraste, podemos pensar, con los imprevisibles caprichos de la vida de un niño perteneciente a la temperamental familia Brahe¹⁷⁹”.

Seguramente lo primero que capturaba la atención de quienes veían a Brahe por primera vez era su brillante nariz dorada. Se trataba de una prótesis hecha en oro y plata, debido a que había perdido la punta de su apéndice durante un duelo con espadas que sostuvo en su juventud. ¿La razón? “Según una crónica de la época, la pelea se originó a causa de una disputa acerca de quién de los dos nobles daneses era mejor matemático¹⁸⁰”.

Una noche de mayo de 1572 Tycho descubrió que había aparecido una nueva estrella en la constelación de Casiopea. “La visión era tan increíble que literalmente no dio crédito a sus ojos; al principio llamó a algunos sirvientes, y luego a varios campesinos para cerciorarse de que realmente había una estrella allá, donde no tenía que haber ninguna¹⁸¹”.

Durante los dos años posteriores a su primer avistamiento, el cuerpo celeste perdió brillo, adoptó un tono amarillento, luego rojo y finalmente se fue opacando hasta desaparecer completamente en 1574. Tycho Brahe publicó sus experiencias en *De nova stella*, señalando que las estrellas podían tener un principio, una vida media y un fin.

¹⁷⁸ Greene, Jay (compilador), *100 grandes científicos*, México, Diana, 1978, p. 59.

¹⁷⁹ Koestler, Arthur, *Los sonámbulos*, Barcelona, Salvat Editores, 1986, p. 220.

¹⁸⁰ Koestler, Arthur, *Los sonámbulos*, Barcelona, Salvat Editores, 1986, p. 220.

¹⁸¹ Koestler, Arthur, *Los sonámbulos*, Barcelona, Salvat Editores, 1986, p. 223.

Con el apoyo de su rey Federico II, el hombre con la nariz dorada construyó su propio observatorio en la isla de Hveen y fabricó los instrumentos de observación más sofisticados de la época. A sus estudiantes les recordaba la importancia de realizar observaciones múltiples durante periodos de tiempo relativamente prolongados.

El palacio de Tycho en la isla de Hveen tenía “una fachada renacentista coronada por un domo en forma de cebolla, flanqueado por torres cilíndricas, cada una con un techo móvil, que albergaban los instrumentos de Tycho Brahe, y rodeadas por galerías con relojes, cuadrantes solares, globos y figuras alegóricas. En el sótano se hallaba la prensa de imprimir de Tycho Brahe, abastecida por su propio molino de papel, su horno de alquimista y una prisión particular para arrendatarios rebeldes. También contaba con su propia farmacia, su reserva de caza y estanques artificiales para la pesca¹⁸²”.

Los resultados de sus observaciones se tradujeron en el catálogo de estrellas más completo y preciso: “tan eficaz era su técnica que pudo registrar las mediciones de las estrellas con un error de menos de 1/60 de grado¹⁸³”.

Tycho fue un firme opositor a la idea de que la Tierra pudiese moverse. Desarrolló un modelo al que le incorporó los datos obtenidos en sus propias observaciones, donde “suponía también que la Tierra estaba fija, con el Sol moviéndose alrededor de ella, pero los demás planetas se movían alrededor del Sol. Éste es obviamente un sistema intermedio entre el ptolomeico y el copernicano¹⁸⁴” que, sin embargo, tenía ventajas sobre ambos: podía describir sin problemas las fases de Venus (que más tarde descubriría un tal Galileo) y no se apartaba de la doctrina religiosa.

Christian IV, sucesor de Federico II, ya no estuvo dispuesto a seguir financiando las investigaciones de Brahe, por lo que éste aceptó “el empleo de ‘matemático’ en la corte de

¹⁸² Koestler, Arthur, *Los sonámbulos*, Barcelona, Salvat Editores, 1986, p. 227.

¹⁸³ Greene, Jay (compilador), *100 grandes científicos*, México, Diana, 1978, p. 60.

¹⁸⁴ Malacara, Daniel y Malacara, Juan Manuel, *Telescopios y estrellas*, México, F.C.E., 1988 (La ciencia desde México, num. 57), p. 20.

Rodolfo II, archiduque de Austria (y) rey de Praga en 1599¹⁸⁵”. Se marchó de Dinamarca, llevándose consigo la mayor parte de sus instrumentos y archivos.

Tycho Brahe falleció el 24 de octubre de 1601. “En la última noche de su lento delirio iba repitiendo, una y otra vez, estas palabras, como si compusiera un poema: ‘que no crean que he vivido en vano... que no crean que he vivido en vano...’¹⁸⁶”. Pero no abandonó el mundo sin antes haber encomendado al asistente que había contratado un año antes la terminación del proyecto que le había asignado: establecer la órbita de Marte

Había llegado el turno de ese joven, que respondía al nombre de Johannes. Su jefe había dedicado “muchos años de su vida a catalogar y medir cuerpos celestes, pero carecía de las aptitudes matemáticas y analíticas para comprender el movimiento planetario¹⁸⁷”.

Brahe “no hizo ningún descubrimiento científico decisivo, excepto uno: que la astronomía necesitaba datos de observaciones de manera precisa y constante, el cual le convirtió en el padre de la moderna observación astronómica¹⁸⁸”. Por ello hago propias las palabras del astrónomo Robert Richardson cuando afirmó que “si alguna vez logramos llegar a Marte, debemos erigir un monumento en ese planeta a los hombres que hicieron posible el viaje. Deseo proponer en primer lugar a Tycho Brahe¹⁸⁹.”

¹⁸⁵ Fierro, Julieta, y Herrera, Miguel Ángel, *La familia del Sol*, México, F.C.E., 2003, p. 66.

¹⁸⁶ Sagan, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, P. 58.

¹⁸⁷ Hawking, Stephen, *A hombros de gigantes*, España, Crítica, 2003, p. 555.

¹⁸⁸ Koestler, Arthur, *Los sonámbulos*, Barcelona, Salvat Editores, 1986, p. 221.

¹⁸⁹ Greene, Jay (compilador), *100 grandes científicos*, México, Diana, 1978, p 62.

III – Y SIN EMBARGO SE MUEVEN...

3.1 JOHANNES KEPLER.

“Johannes fue un niño enfermizo, de débiles piernas y largo y pálido rostro rodeado por un oscuro cabello rizado. Nació con la vista defectuosa, pues padecía de miopía y polipiopía monocular (visión múltiple)¹⁹⁰”.

Este personaje vino al mundo el 27 de diciembre de 1571 en la ciudad de Weil der Stadt, Alemania. Recibió su primera instrucción en el seminario protestante de Maulbronn, donde, más que una escuela, encontró “una especie de campo de entrenamiento donde adiestraban mentes jóvenes en el uso del armamento teológico contra la fortaleza del catolicismo romano¹⁹¹”.

En 1587 se matriculó en la universidad de Tubinga, donde uno de sus profesores lo introdujo en las teorías de Copérnico, de las cuales se hizo partidario. “Un universo heliocéntrico hizo vibrar la cuerda religiosa de Kepler y se abrazó a ella con gran fervor¹⁹²”. Es posible que haya experimentado un efecto análogo tras la lectura de los *Elementos* de Euclides, pues afirmó que “la geometría existía antes de la creación¹⁹³”.

En 1591 decidió aceptar una plaza como profesor de matemáticas y astronomía en una escuela protestante de Graz, Austria. “Siempre escaso de dinero, recurría a menudo a la publicación de calendarios de astrología y de horóscopos que (...) le hicieron ganar cierta celebridad local cuando sus predicciones fueron confirmadas¹⁹⁴”.

“Un día, mientras daba una lección de geometría en Graz, Kepler tuvo una súbita revelación que le lanzó a un viaje apasionado y que cambiaría el curso de su vida. Se trataba,

¹⁹⁰ Koestler, Arthur, *Los sonámbulos*, Barcelona, Salvat Editores, 1986, p. 175.

¹⁹¹ Sagan, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, p 15.

¹⁹² Sagan, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, p 56.

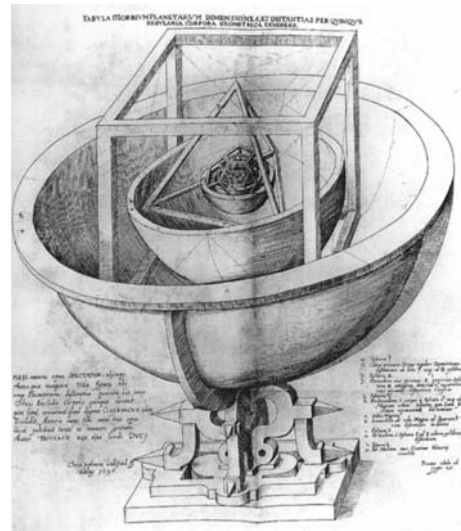
¹⁹³ Sagan, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, p 58.

¹⁹⁴ Hawking, Stephen, *A hombros de gigantes*, España, Crítica, 2003, p. 555.

creyó él, de la llave secreta para la comprensión del universo¹⁹⁵”. La pregunta que inició todo fue: “¿por qué las distancias de los planetas al Sol son las que son y no otras?¹⁹⁶” y por qué los planetas nada más son seis¹⁹⁷ y no doce o veinte. Pensó que la respuesta debía hallarse en la geometría, es decir, que los planetas estaban dispuestos de tal modo que ciertas figuras ajustaran perfectamente entre las órbitas que describían.

Decidió probar su hipótesis con los cinco sólidos perfectos referidos por Pitágoras y Platón. Su número coincidía con los espacios existentes entre las seis órbitas planetarias del sistema copernicano. Entonces, estos poliedros, inscritos uno dentro de otro, determinarían las distancias al Sol de los diferentes planetas.

Kepler dio a conocer su teoría en 1596 mediante *Misterio del cosmos*, obra en la cual afirmaba que “la Tierra y la Luna estaban hechas de una sustancia similar. También insinuaba la existencia de una atracción entre ambas¹⁹⁸”. Tycho Brahe conoció el contenido del libro y escribió una crítica detallada en su favor.



Aunque utilizó todos los recursos matemáticos que poseía, nunca fue capaz de diseñar un modelo cuyos valores coincidieran con los dados por Copérnico. Pero eso no lo hizo dudar de su teoría, sino de la exactitud de sus observaciones. “Había entonces un solo hombre en el mundo que tenía acceso a observaciones más exactas de las posiciones planetarias aparentes (...), ese hombre era Tycho Brahe. Casualmente (...) acababa de invitar a Kepler (...) a que se reuniera con él en Praga¹⁹⁹”.

¹⁹⁵ Hawking, Stephen, *A hombros de gigantes*, España, Crítica, 2003, p. 557.

¹⁹⁶ Fierro, Julieta, y Herrera, Miguel Ángel, *La familia del Sol*, México, F.C.E., 2003, p. 64.

¹⁹⁷ En la época de Kepler sólo se conocían a Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter y Saturno. La pregunta a partir de la cual desarrolló toda su obra ni siquiera habría sido planteada en la actualidad.

¹⁹⁸ Lear, John, *El sueño de Kepler*, Dirección General de Divulgación de la Ciencia – UNAM, 2005, p. 18.

¹⁹⁹ Sagan, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, p. 57.

Kepler no aceptó de inmediato la oferta y tal vez nunca lo habría hecho de no ser porque en 1598 el archiduque católico local ordenó el cierre de la escuela donde trabajaba y el destierro de los protestantes.

“Desde el punto de vista de las relaciones humanas, el encuentro fue un desastre: lo único que los dos genios tenían en común era la pasión por la astronomía y el mal carácter²⁰⁰”.

Y es que, siendo Johannes un “piadoso y erudito patán llegado del campo²⁰¹”, lo que encontró cuando arribó al castillo de Tycho estuvo lejos de cumplir sus expectativas. El hombre que lo había contratado era “un personaje extravagante (...), a su alrededor se movía un bullicioso séquito de ayudantes, aduladores, parientes lejanos y parásitos varios²⁰²”.

“Daba la impresión de que era un encuentro de dos hábiles estudiosos, cada cual decidido a utilizar al otro para sus propios fines. Pero (...) los dos sabios sabían (...) que habían nacido para completarse el uno al otro, que la fuerza de la gravedad del destino los había unido²⁰³”. Finalmente, el astrónomo danés le encomendó a su ayudante que determinara la órbita de Marte, otorgándole acceso limitado a sus archivos.

“Tras la muerte de Tycho, en 1601, Kepler estableció arreglos legales con los herederos para que le permitiesen realizar un análisis matemático de los datos observacionales de Brahe²⁰⁴”. Pero no encontró en ellos evidencia alguna en favor de su teoría de los cinco sólidos que separaban a seis planetas, así que decidió retomar el asunto de la órbita marciana. Cinco años después creyó haber descifrado el acertijo.

En realidad lo que había encontrado era la manera en que no podía descifrarse: cuando notó que entre sus cálculos y las observaciones de Tycho había una diferencia angular de

²⁰⁰ Fierro, Julieta, y Herrera, Miguel Ángel, *La familia del Sol*, México, F.C.E., 2003, p. 66.

²⁰¹ Sagan, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, p 59.

²⁰² Sagan, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, p 58.

²⁰³ Koestler, Arthur, *Los sonámbulos*, Barcelona, Salvat Editores, 1986, p. 236.

²⁰⁴ Lear, John, *El sueño de Kepler*, Dirección General de Divulgación de la Ciencia – UNAM, 2005, p. 19.

ocho minutos, desechó todo el trabajo previo por considerar que “la Diosa Divina nos dio en Tycho un observador tan fiel que un error de ocho minutos era inaceptable²⁰⁵”.

“Obligado finalmente a elegir entre lo que la tradición decía que debía ser cierto y lo que las cuidadosas observaciones de Brahe decían que era realmente cierto, Kepler declaró su fe en el método experimental al anunciar que las órbitas no eran círculos, sino elipses²⁰⁶”. Eso lo llevó a dudar de su fe en el Divino Geómetra: los círculos y las espirales que hacían tan perfecto al sistema heliocéntrico se habían ido, quedando en su lugar “una carretada de estiércol²⁰⁷”.

Claro que el alemán terminó por interpretar su descubrimiento desde otra perspectiva. ¿Cómo podía una Tierra “arrasada por las guerras, las pestes, el hambre y la infelicidad²⁰⁸” ser perfecta? Y si esa Tierra era un planeta tan imperfecto, ¿por qué habría de merecer un círculo como órbita?

Ahora que había desvelado el misterio, sólo necesitaba calcular los valores exactos de la elipse que describiría la órbita de Marte. Los resultados que obtuvo esta vez coincidieron totalmente con las observaciones de Brahe. También notó que varios de los aspectos observados en el planeta rojo eran válidos para todos los planetas y el resultado de ese descubrimiento fueron sus tres leyes del movimiento planetario. Las dos primeras aparecieron en *Nueva astronomía*, publicado en 1609.

- Primera ley de Kepler.- “*Las órbitas planetarias son elipses en las que el Sol ocupa uno de los focos*”.²⁰⁹
- Segunda ley de Kepler.- “*El segmento (...) imaginario que une al Sol al planeta describe áreas iguales en tiempos iguales*”²¹⁰.

²⁰⁵ Fierro, Julieta, y Herrera, Miguel Ángel, *La familia del Sol*, México, F.C.E., 2003, p 67.

²⁰⁶ Lear, John, *El sueño de Kepler*, Dirección General de Divulgación de la Ciencia – UNAM, 2005, p. 19.

²⁰⁷ Sagan, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, p 61.

²⁰⁸ Sagan, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, p 61.

²⁰⁹ Ekeland, Ivar, *El cálculo, lo imprevisto*, México, F.C.E., 1988, p. 13.

Su tercera ley, en cambio, fue publicada en *Las armonías del mundo*, una serie de cinco libros donde Kepler hizo extensivos sus conceptos sobre la armonía a la música, la astrología, la geometría y la astronomía.

- Tercera ley de Kepler.- “*El tiempo que necesita un planeta para hacer un recorrido completo alrededor del Sol es su periodo. Los cuadrados de los periodos de los planetas son proporcionales a los cubos de sus distancias medias al Sol*²¹¹”.

En resumen: “la primera ley daba forma de las órbitas. La segunda determinaba las velocidades a lo largo de la trayectoria (...y...) la tercera relacionaba estas velocidades a las dimensiones de la órbita, independientemente de las características físicas de los planetas²¹²”. Con relación a la última, cabe mencionar que el alemán “creía que (...) la velocidad de cada planeta correspondía a ciertas notas de la escala musical latina popular en su época: do, re, mi, fa, sol, la si²¹³”.

Johannes descubrió la última de sus leyes cuando la guerra de los 30 años estaba por comenzar y una de las víctimas del fanatismo religioso fue su propia madre, a quien se le acusó, entre otras cosas, de “haber tratado de inducir como aprendiz de bruja a la hija de un cazador llamada Bárbara²¹⁴”.

Entre las pruebas presentadas contra su madre, figuraba un libro escrito por el mismo Kepler llamado *El sueño*, cuyo protagonista era el hijo de una mujer versada en la elaboración de ciertas drogas y amuletos que viajaba a Dinamarca para conocer a Tycho Brahe antes de conocer a un demonio que lo llevaba a conocer la Luna.

²¹⁰ Ekeland, Ivar, *El cálculo, lo imprevisto*, México, F.C.E., 1988, p. 13.

²¹¹ Greene, Jay (compilador), *100 grandes científicos*, México, Diana, 1978, p. 71.

²¹² Ekeland, Ivar, *El cálculo, lo imprevisto*, México, F.C.E., 1988, p. 13.

²¹³ Sagan, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, p. 62.

²¹⁴ Lear, John, *El sueño de Kepler*, Dirección General de Divulgación de la Ciencia – UNAM, 2005, p. 43.

El astrónomo “tuvo que dedicar muchas energías a defender que el trabajo era pura ficción y que el demonio que en él aparecía era un mero artificio literario²¹⁵”. Ofreció, asimismo, explicaciones científicas a los hechos que se presentaban como pruebas de que Catherine Kepler practicaba la brujería. Al final del proceso la mujer de más de 74 años fue puesta en libertad, aunque se le condenó al exilio.

“Los desastres de la guerra privaron a Kepler de sus principales apoyos financieros, y pasó el final de sus días a rachas pidiendo dinero y buscando protectores²¹⁶”. Murió el 15 de noviembre de 1630.

²¹⁵ Hawking, Stephen, *A hombros de gigantes*, España, Crítica, 2003, p. 560.

²¹⁶ Sagan, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, p 66.

3.2 GALILEO GALILEI.

Galileo nació en Pisa, Italia, el 18 de febrero de 1564 y desde muy joven se interesó por la mecánica y las matemáticas. Su padre –que “se ganaba la vida con escasez dando clases de música²¹⁷”- le enseñó a cantar y a tocar diversos instrumentos musicales, así como también las ideas pitagóricas sobre las proporciones musicales. También le hizo comprender la importancia de la experimentación y las mediciones, pues siempre subordinó las reglas existentes para afinar instrumentos a la aplicación de métodos ideados por él mismo.

Galileo se inscribió en la Universidad de Pisa; los rasgos que definieron sus años como estudiante fueron que “nunca aceptaba las dogmáticas afirmaciones de sus maestros gratuitamente²¹⁸”, así como el hecho de que siguió dedicando la mayor parte de su tiempo libre al estudio de la física y las matemáticas.

“Se cree que mientras estaba observando las oscilaciones de una lámpara colgante en la catedral de Pisa, Galileo descubrió la isocronía del péndulo –la independencia del periodo de oscilación con respecto a la amplitud de ésta-, que aplicaría medio siglo más tarde en la construcción de un reloj astronómico²¹⁹”. Sin embargo –y debido a la falta de recursos económicos- tuvo que abandonar sus estudios antes de haber obtenido grado académico alguno.

“En nuestros días no lo hubieran contratado por no tener título²²⁰”. Pero aquellos no eran nuestros días, así que obtuvo una plaza como profesor de matemáticas en la misma Universidad de Pisa, hacia 1589. A pesar de que sus tareas como catedrático incluían la obligación de enseñar el sistema ptolomeico, “Galileo se fue convenciendo poco a poco de que el sistema copernicano no sólo era más elegante sobre el papel, sino que muy probablemente representaba la verdad de hecho²²¹”.

²¹⁷ Sobel, Dava, *La hija de Galileo*, España, Debate, 1999, p. 26.

²¹⁸ Fierro, Julieta, y Herrera, Miguel Ángel, *La familia del Sol*, México, F.C.E., 2003, p 69.

²¹⁹ Hawking, Stephen, *A hombros de gigantes*, España, Crítica, 2003, p 352.

²²⁰ Fierro, Julieta, y Herrera, Miguel Ángel, *La familia del Sol*, México, F.C.E., 2003, p 69.

²²¹ Sobel, Dava, *La hija de Galileo*, España, Debate, 1999, p. 61.

En un momento donde la práctica experimental aún no formaba parte de la vida cotidiana en las escuelas y universidades, los experimentos de Galileo pusieron en entredicho a varias tradiciones aristotélicas derivadas del razonamiento puro. La primera ocasión en que tuvo la oportunidad de hacerlo fue a los 25 años de edad. Subió a lo más alto de la torre de Pisa²²² con una bala de cañón (de cinco kilos) y otra de mosquete (con un peso diez menor) para dejarlas caer simultáneamente.

La bala más pesada tocó el piso un momento antes debido a lo que el italiano llamó “resistencia del aire”, pero en ningún momento su velocidad fue diez veces mayor en relación a la alcanzada por la pequeña, como habían dado por hecho los defensores del filósofo griego. Aún así, la mayoría de ellos siguieron prefiriendo “la sabiduría de Aristóteles a las bufonadas de Galileo²²³”.

Un par de años más tarde fue a la Universidad de Padua, en Venecia, para ejercer un puesto análogo al que tenía en Pisa. En 1597 construyó un compás geométrico militar que luego perfeccionaría para convertirlo en una calculadora de bolsillo; fue tan alta su demanda que necesitó contratar a un artesano de tiempo completo para darse abasto.

Junto con el instrumento se vendía un folleto de instrucciones titulado *Operaciones del compás geométrico militar de Galileo Galilei, patricio florentino y profesor de matemáticas en la universidad de Padua*. Este manual y su larguísimo título habrían sido una simple anécdota de no ser porque incluía una dedicatoria a Cosme de Médicis, alumno de Galileo, futuro duque de Toscana y, a la postre, su principal protector.

El interés del italiano por el cielo no se había hecho patente hasta 1604. En octubre de ese año pudo verse una estrella que no estaba antes en el firmamento y el joven inventor aprovechó la oportunidad para desafiar la concepción aristotélica de los cielos inmutables en *Llama quintaesencia a la nueva estrella*, libro publicado bajo el seudónimo Alimberto Mauri.

²²² De acuerdo con Sobel (véase bibliografía), Galileo le relató este episodio de su vida a un discípulo suyo y fue éste último quien lo incluyó en una reseña biográfica póstuma.

²²³ Sobel, Dava, *La hija de Galileo*, España, Debate, 1999, p. 31.

“El más probable descubridor (del telescopio) fue el holandés Hans Lippershey, quien según cuidadosas investigaciones históricas se ha confirmado que construyó un telescopio en el año de 1608²²⁴”. Cuando Galileo supo de su existencia desarrolló su propia versión: “un telescopio que ampliaba los objetos treinta veces, y en 1609 dio una demostración pública de su uso²²⁵”.

El artefacto fue también mostrado al Senado de Venecia. Éste, en retribución, “renovó de por vida el contrato de Galileo en la Universidad de Padua y elevó su salario hasta mil florines anuales, más de cinco veces su sueldo inicial²²⁶”.

Una vez resuelta su situación económica, empezó a utilizar su telescopio; “vio que la Vía Láctea era, en realidad, un conjunto vastísimo de estrellas separadas. Pero, aún más importante, avistó cuatro lunas alrededor de Júpiter, un descubrimiento que tenía implicaciones tremendas para los partidarios del geocentrismo, que defendían que todos los cuerpos celestes giraban exclusivamente alrededor de la Tierra²²⁷”.

Todos esos descubrimientos fueron dados a conocer en una obra cuyas primeras ediciones se agotaron rápidamente: *El mensajero sideral*, publicado en marzo de 1610. El libro incluía una dedicatoria en la que se podía leer:

*¿Quién, pregunto, no sabe que todas aquellas cosas emanan de la buena estrella de Júpiter, fuente de todo bien después de Dios?*²²⁸

El destinatario de tan elogiosas palabras no era otro que Cosme de Médicis, quien ya se había convertido en el gran duque de Toscana y “se identificaba (a sí mismo) con el planeta Júpiter, cuyo nombre procedía del rey más importante del panteón romano²²⁹”. Galileo utilizó

²²⁴ Malacara, Daniel y Malacara, Juan Manuel, *Telescopios y estrellas*, México, F.C.E., 1988, p. 14.

²²⁵ Greene, Jay (compilador), *100 grandes científicos*, México, Diana, 1978, p. 66.

²²⁶ Sobel, Dava, *La hija de Galileo*, España, Debate, 1999, p. 40.

²²⁷ Hawking, Stephen, *A hombros de gigantes*, España, Crítica, 2003, p. 354.

²²⁸ Sobel, Dava, *La hija de Galileo*, España, Debate, 1999, p. 43.

²²⁹ Sobel, Dava, *La hija de Galileo*, España, Debate, 1999, p. 42.

esos cuatro satélites que había descubierto para obtener los favores de su antiguo alumno, por lo que le hizo llegar un ejemplar de la primera edición junto con un telescopio.

En reciprocidad, el noble lo nombró maestro y matemático de la Universidad de Pisa, así como filósofo y matemático del gran duque. Eso le permitió al científico dejar Venecia de manera definitiva y establecerse en Florencia para dedicarse por completo a observar el cielo.

Entre los críticos de la obra galileana se encontraban los profesores Cremonini y Libri de la Universidad de Padua, quienes ni siquiera aceptaban mirar a través del telescopio. De ellos y de muchos otros el italiano escribió que “no les bastaría el testimonio de la misma estrella si bajase a la Tierra y hablase de sí misma²³⁰”.

A pesar de estos cuestionamientos por parte de sus pares, “hasta 1611 no se habían manifestado en Roma problemas teológicos por los descubrimientos de Galileo. Por el contrario, los astrónomos jesuitas, que eran la punta de lanza intelectual de la iglesia católica, confirmaron sus observaciones²³¹”.

En febrero de 1616, el papa Pablo V pidió que las teorías de Copérnico fuesen examinadas por un tribunal de once teólogos. El veredicto unánime fue que sus ideas eran heréticas, necias y faltas de fe. También se promulgó un edicto según el cual Galileo hacía “mala ciencia cuando enseñaba como un hecho el sistema copernicano²³²”, el cual sólo era una hipótesis contraria, además, a la Sagrada Escritura.

El Santo Oficio, por su parte, incluyó a *Sobre las revoluciones de las órbitas celestes* en el Índice de libros prohibidos “hasta que se hicieran en él las debidas correcciones ‘para que esta opinión no pudiese diseminarse más ni perjudicar la verdad católica²³³”.

²³⁰ Fierro, Julieta, y Herrera, Miguel Ángel, *La familia del Sol*, México, F.C.E., 2003, p 71.

²³¹ Malacara, Daniel y Malacara, Juan Manuel, *Telescopios y estrellas*, México, F.C.E., 1988 (La ciencia desde México, num. 57), p. 20.

²³² Hawking, Stephen, *A hombros de gigantes*, España, Crítica, 2003, p 354.

²³³ Sobel, Dava, *La hija de Galileo*, España, Debate, 1999, p. 86.

Pablo V murió en 1623, siendo sucedido por el cardenal Maffeo Barberini, con el nombre de Urbano VIII. El nuevo pontífice le hizo saber a Galileo que, a pesar del edicto emitido en contra suya seis años atrás, podría publicar lo que quisiera siempre y cuanto tratara al modelo copernicano como una hipótesis.

Fue entonces cuando el astrónomo empezó a trabajar en su *Dialogo sobre los dos máximos sistemas del mundo*, “una acalorada y astuta defensa del sistema heliocéntrico en la que esgrimía contundentes argumentos a favor del movimiento de la Tierra, reconciliando esta idea con las observaciones y estableciendo las bases de una nueva manera de entender los movimientos²³⁴”. Todo ello presentado a manera de discusión entre un partidario de Aristóteles y Ptolomeo y un copernicano, cada uno de los cuales intentaba convencer a un hombre común y corriente.

El libro vio la luz en 1630, no sin que su autor hubiese tomado algunas medidas para protegerse. Incluía un prólogo reiterando su pleno respeto al edicto de 1616 y no suscribía ninguna de las posiciones que defendían los personajes, aunque “en la polémica, la cosmología aristotélica era defendida débilmente por su ingenuo partidario y era atacada vigorosamente por el poderoso y persuasivo copernicano²³⁵”.

“Pronto el papa, dándose cuenta de que la gente estaba viendo el libro como un convincente argumento a favor del copernicanismo, se arrepintió de haber permitido su publicación. El papa argumentó que, aunque el libro tenía la bendición oficial de los censores, Galileo había contravenido el decreto de 1616²³⁶”.

En marzo de 1632 el impresor recibió la orden de suspender la publicación del libro y Galileo fue llamado a Roma; debido a su estado de salud no pudo hacer el viaje a la ciudad eterna antes de 1633.

²³⁴ Bravo, Silvia, *Encuentro con una estrella*, México, F.C.E., 1987, p. 43.

²³⁵ Hawking, Stephen, *A hombros de gigantes*, España, Crítica, 2003, p. 355.

²³⁶ Hawking, Stephen, *Breve historia del tiempo*, España, Crítica, 2003, p. 228.

“Sólo hubo un proceso a Galileo y, aún así, parecería haber sido un millar: la represión de la ciencia por parte de la religión, la defensa del individualismo contra la autoridad vigente, el choque entre lo revolucionario y lo establecido (...), la batalla entre la libertad de conciencia y de expresión contra la intolerancia²³⁷”.

El tribunal halló al acusado “‘vehementemente sospechoso de herejía’ por apoyar y enseñar la idea de que la Tierra estaba en movimiento y no era en centro del universo²³⁸”. Se le sentenció a prisión perpetua, a abjurar públicamente de sus creencias y a rezar los siete Salmos penitenciales al menos una vez a la semana durante 3 años. La abjuración pública tuvo lugar el 22 de junio de 1633 en el Convento de la Minerva.

La condena a prisión perpetua fue luego conmutada por un arresto domiciliario en una residencia en las afueras de Florencia. “Podía recibir a los visitantes que quisiera y escribir lo que deseara (pero no publicarlo)²³⁹” y aprovechó ese beneficio para escribir *Diálogo sobre dos nuevas ciencias*, cuyo manuscrito fue llevado a la Europa protestante “por Louis Elsevier, un editor holandés, para que pudiera aparecer en letra impresa, en 1638²⁴⁰”.

Urbano VIII no permitió que el gran duque de Toscana erigiera un monumento en memoria de Galileo Galilei luego de que éste falleciera, el 8 de enero de 1642 y hubo que esperar hasta 1979, año en que “el papa Juan Pablo II propuso cautelosamente que se revocara la condena de Galileo, pronunciada 346 años antes por la ‘Santa Inquisición’²⁴¹”.

²³⁷ Sobel, Dava, *La hija de Galileo*, España, Debate, 1999, p. 223.

²³⁸ Hawking, Stephen, *A hombros de gigantes*, España, Crítica, 2003, p 351.

²³⁹ Fierro, Julieta, y Herrera, Miguel Ángel, *La familia del Sol*, México, F.C.E., 2003, p. 73.

²⁴⁰ Hawking, Stephen, *A hombros de gigantes*, España, Crítica, 2003, p 355.

²⁴¹ Sagan, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, p 141.

3.3 ISAAC NEWTON.

“El día de navidad²⁴² del año en que murió Galileo, nació Newton²⁴³” en la localidad inglesa de Woolsthorpe. Su padre había muerto tres meses antes y cuando el niño alcanzó los dos años de edad, su madre se volvió a casar con el anciano clérigo de la aldea vecina, con quien se fue a vivir, dejando a Isaac a los cuidados de sus abuelos²⁴⁴”.

“En 1660, a los 18 años de edad, ya había fabricado un telescopio pequeño y poco potente, pero con una innovación: usó espejos en vez de lentes, para evitar la aberración cromática que daba lugar a imágenes con franjas de colores alrededor de los objetos²⁴⁵”.

Cuatro años más tarde ingresó al Trinity College de Cambridge, donde tuvo la oportunidad de estudiar –entre otras cosas- las obras de Aristóteles, Descartes y Hobbes. Inicialmente debió hacer diversos trabajos para poder pagar el costo de su educación, aunque luego fue admitido como becario de matemáticas.

En 1665 la escuela cerró sus puertas debido a una epidemia de peste bubónica y Newton se retiró a su casa materna, donde permaneció los siguientes dos años trabajando por su cuenta en cuestiones de matemáticas, mecánica, óptica y gravitación. El científico inglés luego se referiría a ese periodo de tiempo como el *annus mirabilis*: el año maravilloso.

Tal término no resulta exagerado, pues entre 1665 y 1666 Newton creó los cimientos de la física clásica y el cálculo infinitesimal. “También se tienen evidencias de que (...) inició en aquella época sus experimentos con prismas y descubrió la descomposición de la luz²⁴⁶”. Y todavía le sobra tiempo para la cuestión de la que a continuación nos ocuparemos.

²⁴² Inglaterra adoptó el calendario gregoriano en 1752. De acuerdo con él, Isaac Newton nació el 4 de enero de 1643. La fecha del 25 de diciembre de 1642 se refiere al mismo día en el viejo calendario juliano.

²⁴³ De la Peña, Luis, *Albert Einstein: navegante solitario*, México, F.C.E., 1987, p. 19.

²⁴⁴ Hacyan, Shahen, “Isaac Newton y el criptograma de Dios”, *Artefactos*, Número 7 (mayo, 2000), p. 48.

²⁴⁵ Cetto, Ana María, *La luz*, México, F.C.E., 1987, p. 78.

²⁴⁶ Hacyan, Shahen, “Isaac Newton y el criptograma de Dios”, *Artefactos*, Número 7 (mayo, 2000), p. 49.

Isaac ya conocía los trabajos de Copérnico, Kepler y Galileo, a partir de los cuales se podía describir el movimiento del universo y las posiciones de los planetas, pero ninguno de ellos podía explicar qué era lo que mantenía a los planetas en sus órbitas. El científico inglés fue capaz de encontrar esa explicación y la inspiración para ello le vino –literalmente- del cielo. “Es en esa época, cuenta la leyenda, que le cayó una manzana sobre la cabeza, despertándole de una siesta bajo un árbol²⁴⁷”.

Newton vio la manzana y después volvió la vista hacia la Luna “preguntándose por qué ella no caía. Y de pronto, ¡se hizo la luz!: la Luna sí caía; si no lo hiciera, se alejaría cada vez más de la Tierra. ¡Era el “peso” de la Luna lo que la mantenía ligada a la Tierra!²⁴⁸”

Aún hacía falta demostrar la validez universal de la gravitación, es decir, encontrar una expresión matemática que permitiese evaluar la fuerza gravitacional de dos cuerpos cualesquiera. Isaac se apoyó en la tercera ley armónica de Kepler, que combinó con sus propios cálculos, en orden a determinar la fuerza necesaria para mantener a la Luna orbitando alrededor de la Tierra. La ecuación resultante fue lo que hoy conocemos como ley de gravitación universal.

A pesar de lo anterior, la gravedad no podía interpretarse como una consecuencia de los fenómenos descritos por el astrónomo alemán. Al contrario, “las tres leyes de Kepler sobre el movimiento planetario (...) eran empíricas, basadas en las laboriosas observaciones de Tycho Brahe. Las leyes de Newton eran teóricas, abstracciones matemáticas bastante simples, a partir de las cuales podían derivarse, en definitiva, todas las mediciones de Tycho²⁴⁹”.

Una vez pasada la epidemia y ya de vuelta en el Trinity College, Newton llevó a cabo experimentos con base en los cuales logró demostrar que la luz estaba compuesta por partículas diminutas a las que llamó fotones. Construyó un telescopio reflector que le hizo llegar a la Royal Society, lo que le valió ser aceptado como uno de sus miembros.

²⁴⁷ Hawking, Stephen, *A hombros de gigantes*, España, Crítica, 2003, p 645.

²⁴⁸ Fierro, Julieta, y Herrera, Miguel Ángel, *La familia del Sol*, México, F.C.E., 2003, p. 75.

²⁴⁹ Sagan, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, p. 69.

“Animado, Newton decidió enviar una segunda obra suya, esta vez teórica, a la Royal Society: el famoso tratado sobre la naturaleza de la luz. Pero la acogida al trabajo fue decepcionante; Robert Hooke, miembro distinguido de la sociedad, atacó duramente a la teoría de Newton por ser contradictoria con la suya propia²⁵⁰” (de acuerdo con la cual la luz viajaba en forma de ondas).

Este suceso desencadenó la enemistad entre ambos físicos y provocó que Newton optara por retirarse de la física, “a la par que crecía su afición por la alquimia²⁵¹”.

Newton no publicó de inmediato sus descubrimientos sobre la gravedad. Fue necesaria la intervención de su amigo, el astrónomo Edmund Halley, para que el primero los recuperara y sistematizara en lo que posteriormente se habría de conocer como *Principios matemáticos de la filosofía natural* o, simplemente, *Principia*. A lo largo de sus tres volúmenes, el autor “fundió las contribuciones científicas de Copérnico, Galileo, Kepler y otros en una gran sinfonía dinámica²⁵²”.

En el primer tomo exponía lo que denominó “axiomas o leyes del movimiento²⁵³”:

- *Todo cuerpo sigue en su estado de reposo o de movimiento uniforme rectilíneo, salvo que sea obligado a cambiar dicho estado por fuerzas aplicadas.*
- *El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza que actúa sobre el cuerpo y tiene lugar en la dirección en que se aplica la fuerza.*
- *A cada acción se le opone una reacción igual, pero en sentido opuesto.*

El segundo consistía en un tratado sobre mecánica de fluidos. Y en el tercero aplicaba las leyes explicadas en el primer tomo para concluir que: “*hay una fuerza de gravitación que*

²⁵⁰ Hacyan, Shahan, “Isaac Newton y el criptograma de Dios”, *Artefactos*, Número 7 (mayo, 2000), p. 49.

²⁵¹ Fierro, Julieta, y Herrera, Miguel Ángel, *La familia del Sol*, México, F.C.E., 2003, p. 76.

²⁵² Hawking, Stephen, *A hombros de gigantes*, España, Crítica, 2003, p. 643.

²⁵³ Hawking, Stephen, *A hombros de gigantes*, España, Crítica, 2003, p. 659.

*tiende hacia todos los cuerpos, proporcional a la cantidad de materia que contiene cada uno de ellos*²⁵⁴”.

De ese modo se hizo posible explicar los movimientos de los planetas y sus satélites, la precesión de los equinoccios y las mareas. Y todo ello porque había descubierto una ley según la cual “*dos porciones cualesquiera de materia son atraídas mutuamente con una fuerza directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas*²⁵⁵”.

Isaac “permaneció célibe y nunca se le conoció ninguna relación amorosa²⁵⁶”. Murió el 3 de marzo de 1727 y su cuerpo fue enterrado en la abadía de Westminster. De él diría Edmund Halley: “no está dado a ningún mortal el aproximarse más a los dioses²⁵⁷”.

Newton “realizó una síntesis teórica de singular valor al demostrar que las leyes de la mecánica que regían el movimiento de los cuerpos en el laboratorio, eran las mismas que controlaban el movimiento de los planetas alrededor del Sol; algo así como decir que la mecánica del cielo era la misma que la de la Tierra²⁵⁸”.

Lo anterior explica por qué “durante más de dos siglos, la mecánica de Newton dominó completamente la física (...). Pero a principios del siglo XX empezaron a surgir evidencias de que la física clásica (...) no describía adecuadamente aquellos fenómenos que suceden a la escala de los átomos o a velocidades comparables a la de la luz²⁵⁹”.

²⁵⁴ Hawking, Stephen, *A hombros de gigantes*, España, Crítica, 2003, p 647.

²⁵⁵ Hawking, Stephen, *A hombros de gigantes*, España, Crítica, 2003, p 648.

²⁵⁶ Hacyan, Shahan, “Isaac Newton y el criptograma de Dios”, *Artefactos*, Número 7 (mayo, 2000), p. 50.

²⁵⁷ Fierro, Julieta, y Herrera, Miguel Ángel, *La familia del Sol*, México, F.C.E., 2003, p 65.

²⁵⁸ De la Peña, Luis, *Albert Einstein: navegante solitario*, México, F.C.E., 1987, 20 pp.

²⁵⁹ Hacyan, Shahan, *Los hoyos negros y la curvatura del espacio-tiempo*, México, F.C.E., 1988, p. 19.

3.4 ALBERT EINSTEIN (1879-1955).

Albert Einstein nació en la ciudad alemana de Ulm el 14 de marzo de 1879. Su primer contacto con la ciencia fue cuando tenía cinco años y su padre le regaló una brújula: “se maravilló al ver que la aguja siempre apuntaba al Norte magnético, como movida por una mano invisible²⁶⁰”.

Einstein no fue un mal alumno, pero tardaba mucho en responder a las preguntas y eso hacía que sus profesores perdieran la paciencia a tal grado que uno de ellos le pronosticó a su padre: “nunca hará nada de provecho.²⁶¹”.

Es posible que pasajes como el descrito en el párrafo anterior hayan constituido la motivación de la primera declaración pública que hizo con relación a un tema no científico: “mediada la Primera Guerra Mundial, dirigió a Alemania un emotivo llamamiento donde solicitaba la supresión del examen final obligatorio para obtener el título de grado medio²⁶²”.

“En diciembre de 1900 envió a publicar su primer trabajo de investigación en la revista *Annalen der Physik*²⁶³”. Ese mismo año, Albert se graduó del Instituto Tecnológico de Zurich (ETH), a donde había ingresado cuatro años atrás y en el transcurso de los cuales se conoció y se hizo amigo de Michele Angelo Besso y Marcel Grossmann.

Si Newton había tenido un *annus mirabilis* durante 18 meses comprendidos entre 1665 y 1666, Einstein también vería el suyo en 1905, como quedó documentado en la ya mencionada *Annalen der Physik*. En marzo dio a conocer un artículo sobre la cuantización de la luz y el efecto fotoeléctrico; en abril escribió su tesis doctoral y en mayo reveló su ensayo sobre la teoría del movimiento browniano.

²⁶⁰ Calaprice, Alice, *Querido profesor Einstein*, Barcelona, Gedisa, 2002, p. 38.

²⁶¹ Hawking, Stephen, *A hombros de gigantes*, España, Crítica, 2003, p. 1021.

²⁶² Calaprice, Alice, *Querido profesor Einstein*, Barcelona, Gedisa, 2002, p. 69.

²⁶³ De la Peña, Luis, *Albert Einstein: navegante solitario*, México, F.C.E., 1987, p. 33.

Por si todo ello fuera poco, en junio publicó el artículo con el que nació formalmente la teoría de la relatividad bajo el título *Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento*.

¿Qué dice la teoría de la relatividad?

Gravitación, electromagnetismo, fuerza nuclear fuerte, y fuerza nuclear débil constituyen las cuatro fuerzas fundamentales del universo; a principios del siglo pasado, las dos primeras podían explicarse mediante la mecánica newtoniana y la teoría electromagnética de James Clerk Maxwell respectivamente.

El fundamento matemático en ambos casos estaba fuera de toda discusión y cada una, por separado, podía explicar diferentes fenómenos sin problemas. “Einstein veía muy claramente que las leyes de la vieja mecánica clásica y las de la teoría electromagnética (...) eran incompatibles; esto implicaba la necesidad de cambiar al menos una de estas teorías. Lo importante era entender qué es lo que debía cambiarse²⁶⁴” y la clave que le permitió resolver esa cuestión estaba contenida en una pregunta:

“¿Qué pasaría si suponemos –como es lícito hacer según la mecánica de Newton- que corremos lado a lado de un haz luminoso con la velocidad de la luz?²⁶⁵”

Las leyes de Newton indicaban que el corredor lo vería en reposo, tal como sucedía cuando esa misma persona viajaba en el interior de un tren moviéndose a 30 kilómetros por hora y volteaba para saludar a un amigo que iba dentro de un auto marchando exactamente a la misma velocidad. No así los estudios de Maxwell, quien ya había demostrado que la luz es una onda electromagnética; y las ondas en reposo no existen.

²⁶⁴ De la Peña, Luis, *Albert Einstein: navegante solitario*, México, F.C.E., 1987, p. 51.

²⁶⁵ De la Peña, Luis, *Albert Einstein: navegante solitario*, México, F.C.E., 1987, p. 13.

La teoría de la relatividad resolvió esta contradicción introduciendo algunas restricciones respecto a la velocidad máxima que podía alcanzar un cuerpo cualquiera y modificando los conceptos de espacio y tiempo. Algunas ideas centrales a destacar²⁶⁶ son:

- *La velocidad de la luz c permanece constante en todos los sistemas de movimiento uniforme: sin importar que tan rápido se mueva alguien, siempre la verá viajar a 300,000 kilómetros por segundo.*
- *Para alcanzar la velocidad de la luz c , un cuerpo tiene que ser infinitamente grande. Y como no puede haber una cantidad infinita de masa, es imposible alcanzar el valor de c .*
- *El tiempo y el espacio no son absolutos, por lo que el tamaño y la forma de los objetos, así como la marcha de los relojes depende de la velocidad en su propio sistema. Entre más rápido viaje una nave espacial, su masa se hará más grande y el tiempo pasará más lento.*
- *Una porción cualquiera de masa m contiene una cantidad E de energía dada por el cuadrado c de la velocidad de la luz. Esto se expresa en la ecuación $E=mc^2$.*
- *De acuerdo con lo anterior, la materia y la energía no son conceptos independientes y, de hecho, están íntimamente ligados como una sola unidad: materia–energía.*

“El postulado fundamental de la teoría de la relatividad (...) era que las leyes de la ciencia deberían ser las mismas para todos los observadores en movimiento libre, independientemente de cuál fuera su velocidad²⁶⁷”. Pero, aún cuando su valor fue apreciado de inmediato por físicos como Max Planck, el planteamiento central no era totalmente compatible con la gravedad.

²⁶⁶ El planteamiento general de la relatividad especial incluido en el presente relato se ha documentado a partir de los textos de De la Peña, Greene, Hawking y Kaku (*Hiperespacio*) citados en la bibliografía.

²⁶⁷ Hawking, Stephen, *Breve historia del tiempo*, España, Crítica, 2003, p. 40.

El primer paso para superar esa inconsistencia fue dado por el propio Einstein en 1907, cuando descubrió lo que la física moderna ha denominado “principio de equivalencia”.

Si la Tierra fuese un disco plano, como habían sugerido algunos pueblos de la antigüedad, podría decirse que la manzana cayó sobre Newton debido a que la gravedad estaba jalando al fruto hacia abajo, o bien, debido a que todo el mundo se estaba desplazando hacia arriba. En ambos casos el resultado hubiera sido el mismo: un chichón en la cabeza del matemático inglés.

Eso era justamente lo que decía el principio de equivalencia: los efectos de un campo gravitatorio sobre un sistema eran equivalentes a los de un sistema en aceleración. Y al haber hallado un vínculo entre ambos fenómenos, el alemán “constató que podía utilizar un modo de comprender el movimiento como un instrumento poderoso para lograr una comprensión similar de la gravedad²⁶⁸”.

“Einstein tuvo la idea genial de que dicha equivalencia funcionaría si la geometría del espacio–tiempo fuera curva en lugar de plana, como se había supuesto hasta entonces²⁶⁹”. Junto con Marcel Grossman estudió los trabajos del matemático Riemann relativos a las superficies y los espacios curvados, encontrando que la curvatura o distorsión del espacio provocaba la aparición de una fuerza.

Hacia 1913 ambos publicaron un artículo donde proponían que las fuerzas gravitatorias eran una expresión de la curvatura del espacio–tiempo: habían encontrado el planteamiento de la teoría general de la relatividad²⁷⁰, pero no lograron establecer las ecuaciones que relacionaban al espacio–tiempo con la materia–energía.

Al año siguiente Albert se mudó a Berlín, donde continuó trabajando e intercambiando ideas con el matemático David Hilbert. Cada uno, por su cuenta, encontró las ecuaciones de la

²⁶⁸ Greene, Brian, *El universo elegante*, Colombia, Crítica, 2001, p. 79.

²⁶⁹ Hawking, Stephen, *El universo en una cáscara de nuez*, España, Planeta, 2003, p. 17.

²⁷⁰ La teoría de la relatividad general contenía los principios de la especial además de la gravedad, a la cual interpretaba como una consecuencia de la curvatura del espacio-tiempo.

relatividad general a fines de 1915; Hilbert antes que Einstein. Sin embargo el primero reconoció que todo el mérito por la nueva teoría le correspondía al físico, “ya que suya había sido la idea de relacionar la gravedad con la deformación del espacio–tiempo²⁷¹”.

En 1916 se publicaron los *Fundamentos de la teoría general de la relatividad*, trabajo al que Max Born (1882-1970) se refirió como “la mayor proeza de la reflexión del hombre sobre la naturaleza; la más sorprendente combinación de penetración filosófica, intuición física y capacidad matemática²⁷².”

“¿Por qué nadie antes de Einstein se había percatado de que vivimos en un universo curvo? La razón era que la curvatura inducida por la gravedad de la Tierra o la del Sol es extremadamente leve. La situación se asemejaba a la de los antiguos hombres que creían que la Tierra era plana, ya que la curvatura terrestre era imperceptible a pequeña escala²⁷³”. Stephen Hawking ha ejemplificado el fenómeno de la siguiente manera:

“Una tosca analogía de la situación, que no debemos tomar demasiado al pie de la letra, consiste en imaginar una lámina de goma. Podemos depositar sobre ella una bola grande que represente el Sol. Si ahora hacemos rodar pequeñas bolitas sobre la lámina, no la recorrerán en línea recta, sino que girarán alrededor del objeto pesado, como los planetas que orbitan alrededor del Sol²⁷⁴”.

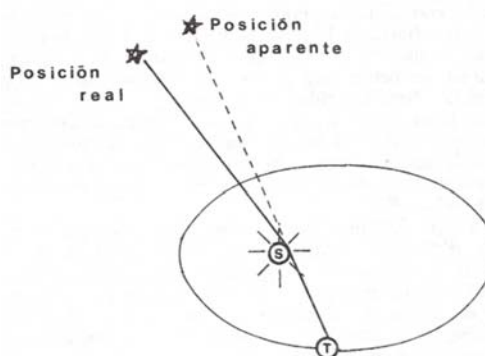
²⁷¹ Hawking, Stephen, *El universo en una cáscara de nuez*, España, Planeta, 2003, p. 19.

²⁷² De la Peña, Luis, *Albert Einstein: navegante solitario*, México, F.C.E., 1987, p 64.

²⁷³ Hacyan, Shahen, *Los hoyos negros y la curvatura del espacio–tiempo*, México, F.C.E., 1988, p. 38.

²⁷⁴ Hawking, Stephen, *El universo en una cáscara de nuez*, España, Planeta, 2003, p. 15.

Einstein había advertido que la curvatura del espacio–tiempo causada por el Sol (S) podría distorsionar la trayectoria de un rayo de luz procedente de estrellas lejanas²⁷⁵. Y el mundo tuvo la oportunidad de poner a prueba sus ideas durante el eclipse solar ocurrido el 29 de mayo de 1919.



Para ese día, la Real Sociedad Astronómica de Londres organizó dos expediciones que envió a Sudamérica y África occidental con la misión de tomar fotografías “de las estrellas en la región ocupada por el Sol durante el eclipse²⁷⁶”. Luego, esas imágenes se cotejaron con otras de la misma zona obtenidas varios meses antes.

La evidencia experimental coincidió con los valores predichos por la relatividad general: “Einstein se convirtió al instante en una celebridad mundial y perdió para siempre la privacidad que tanto apreció a partir de entonces²⁷⁷”.

“Durante los últimos treinta años de su vida, Albert Einstein buscó incesantemente lo que se llamaría una teoría unificada de campos, es decir, una teoría capaz de describir las fuerzas de la naturaleza dentro de un marco único, coherente y que lo abarcara todo²⁷⁸”.

A principios de los años 20, el físico decidió salir del viejo mundo y emprendió un viaje por el lejano Oriente. En Shangai recibió la noticia de que había ganado el premio Nobel de Física correspondiente a 1921 “por sus servicios a la física teórica y especialmente por su descubrimiento de la ley del efecto fotoeléctrico²⁷⁹”.

²⁷⁵ En circunstancias normales el fenómeno es imperceptible, pues el brillo del Sol impide ver la luz de las estrellas.

²⁷⁶ De la Peña, Luis, *Albert Einstein: navegante solitario*, México, F.C.E., 1987, p. 72.

²⁷⁷ Calaprice, Alice, *Querido profesor Einstein*, Barcelona, Gedisa, 2002, p. 61.

²⁷⁸ Greene, Brian, *El universo elegante*, Colombia, Crítica, 2001, p. 9.

²⁷⁹ De la Peña, Luis, *Albert Einstein: navegante solitario*, México, F.C.E., 1987, p. 74.

Einstein decidió aceptar el puesto que le ofrecía el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton y establecer su residencia definitiva en Estados Unidos cuando Adolf Hitler tomó el poder en Alemania, el 30 de enero de 1933. Los ministros nazis orquestaron campañas en contra de lo que denominaron “ciencia judía”. Incluso se publicó un libro llamado *100 autores contra Einstein*. El directamente aludido contraatacó diciendo: “¡Si yo estuviese equivocado, bastaría con uno solo!²⁸⁰”.

Albert Einstein murió durante la madrugada del 18 de abril de 1955, “como consecuencia de un aneurisma de la aorta abdominal²⁸¹” que le habían detectado siete años antes. Su cuerpo fue cremado ese mismo día y sus cenizas esparcidas en un lugar no revelado, de acuerdo con su deseo.

²⁸⁰ Hawking, Stephen, *Breve historia del tiempo*, España, Crítica, 2003, p. 226.

²⁸¹ Calaprice, Alice, *Querido profesor Einstein*, Barcelona, Gedisa, 2002, p. 67.

IV – SINFONÍA DEL COSMOS.

4.1 LA MECÁNICA CUÁNTICA²⁸².

Tal vez la clave para develar los misterios encerrados en la cuestión con que dio inicio el presente relato, sea esa teoría capaz de describir, por sí misma, las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza: electromagnetismo, gravitación, fuerza nuclear fuerte, y fuerza nuclear débil.

Volvamos a las ecuaciones de la relatividad general. Einstein había notado que éstas no admitían ninguna solución válida para un universo estacionario, lo cual constituía una insinuación de que debía estar expandiéndose o contrayéndose. El físico “encontró este resultado poco satisfactorio y, para evitar confrontarlo, introdujo en sus ecuaciones un término arbitrario, la constante cosmológica, que permitía que el modelo diera como solución un universo estático²⁸³”.

Sin embargo, durante los años 20 del siglo pasado el astrónomo Edwin Hubble descubrió que las nebulosas eran en realidad galaxias parecidas a nuestra Vía Láctea y que “¡cuánto más lejos estaba una galaxia, a mayor velocidad se alejaba de nosotros!²⁸⁴”

“¡Un universo en expansión! Ciertamente nadie se lo esperaba²⁸⁵”. Esa era la razón por la que las ecuaciones de Einstein no aceptaban soluciones para un universo estático. De ahí que el físico alemán haya terminado refiriéndose a la constante cosmológica como “el mayor error de su vida²⁸⁶”.

²⁸²A lo largo del presente capítulo se utilizará la notación científica para referirse a cantidades muy grandes o extremadamente pequeñas. La expresión $N \times 10^E$ significa que el número N se deberá multiplicar E veces por 10. Por otra parte, $N \times 10^{-E}$ significa que N deberá dividirse entre 10 tantas veces como sea el valor de E. Por ejemplo, $1 \times 10^3 = 1 \times 10 \times 10 \times 10 = 1,000$ y $1 \times 10^{-3} = 1/10/10/10 = 0.001$.

²⁸³Rodríguez, Luis, *Un universo en expansión*, México, F.C.E., 1986, p. 49.

²⁸⁴Hawking, Stephen, *Breve historia del tiempo*, España, Crítica, 2003, p. 64.

²⁸⁵Rodríguez, Luis, *Un universo en expansión*, México, F.C.E., 1986, p. 48.

²⁸⁶Hawking, Stephen, *El universo en una cáscara de nuez*, España, Planeta, 2003, p 21.

Ahora bien, “si las galaxias se estaban separando, ello significa que en el pasado deberían haber estado más juntas²⁸⁷”. Hace aproximadamente 15 mil millones de años deberían haber estado tan cerca unas de otras que toda la materia existente estaba concentrada en un área muy pequeña. “Este estado fue denominado ‘átomo primordial’ por el sacerdote católico Georges Lemaitre, que fue el primero que investigó el origen del universo que actualmente denominamos *big bang* o gran explosión inicial²⁸⁸”.

En ese punto comenzaron los problemas para las ecuaciones de Einstein, porque éstas dejan de ser válidas en situaciones que involucran distancias muy pequeñas o cantidades de energía muy grandes. Entonces, la relatividad “no podría predecir a qué conduciría la gran explosión²⁸⁹” ni explicar cómo fue que ese “átomo primordial” explotó para convertirse en el universo que conocemos.

“Ahí es donde intervino la física cuántica²⁹⁰. El mundo de la física cuántica era aún más sorprendente que el de la relatividad²⁹¹”.

¿Qué dice la teoría cuántica²⁹²?

- *Las fuerzas son creadas, no por la curvatura del espacio-tiempo, sino debido al intercambio de pequeños paquetes de energía llamados cuantos.*
- *Las distintas fuerzas son causadas por el intercambio de diferentes tipos de cuantos.*

²⁸⁷ Hawking, Stephen, *El universo en una cáscara de nuez*, España, Planeta, 2003, p. 22.

²⁸⁸ Hawking, Stephen, *El universo en una cáscara de nuez*, España, Planeta, 2003, p. 23.

²⁸⁹ Hawking, Stephen, *El universo en una cáscara de nuez*, España, Planeta, 2003, p. 24.

²⁹⁰ De acuerdo con De la Peña y Kaku (véase bibliografía), la mecánica cuántica quedó formalmente instituida entre 1925 y 1926. No tiene un solo autor y se fue construyendo con los trabajos de diversos científicos, entre los cuales podemos mencionar a Max Planck (1858-1947), Ernest Rutherford (1871-1937), Niels Bohr (1885-1962), Werner Heisenberg (1901-1976), Max Born (1901-1976), Louis de Broglie (1892), Erwin Schrödinger (1887-1961) y Paul Dirac (1902-1984).

²⁹¹ Antaki, Ikram, *Ciencia*, México, Joaquín Mortiz, 1998 (El banquete de Platón, segunda serie), p. 178.

²⁹² Un planteamiento más detallado de la física cuántica se encuentra en los textos de Greene, Brian y Kaku, citados en la bibliografía.

- *Existe una probabilidad finita de que las partículas puedan hacer un salto cuántico a través de barreras impenetrables.*
- *Nunca podremos conocer simultáneamente la velocidad y la posición de una partícula subatómica (principio de incertidumbre).*

Albert Einstein reconoció la consistencia lógica de la mecánica cuántica, pero nunca llegó a aceptarla plenamente, debido a que el principio de incertidumbre daba por sentada la existencia de elementos impredecibles en las leyes básicas de la teoría. “Dios no juega a los dados²⁹³”, comentó.

Sin embargo, la mayoría de sus colegas la aceptaron porque permitía comprender fenómenos que rebasaban a las explicaciones físicas previas y porque las observaciones experimentales terminaron confirmando los planteamientos de los modelos teóricos.

“En general, la teoría cuántica no predice un único resultado de cada observación. En su lugar, predice un cierto número de resultados posibles y nos da probabilidades de cada uno de ellos²⁹⁴”; en términos numéricos, se obtienen valores entre cero y uno²⁹⁵.

Todos los intentos por combinar la mecánica cuántica con la relatividad han arrojado cifras fuera de ese rango (incluyendo números negativos), por lo cual se asumió que no existe compatibilidad entre ellas. Una variante del mismo problema tiene que ver con los infinitos: “su aparición en un cálculo indica meramente que la teoría empleada ha alcanzado sus límites de validez y debe ser sustituida por una versión nueva y mejorada que deberá reemplazar el infinito matemático por una cantidad finita y medible²⁹⁶”.

En abril de 1919 Albert Einstein recibió una carta de un matemático llamado Theodor Kaluza, quien le planteó la posibilidad de unir su teoría gravitacional con los trabajos de

²⁹³ Antaki, Ikram, *Ciencia*, México, Joaquín Mortiz, 1998 (El banquete de Platón, segunda serie), p. 205.

²⁹⁴ Hawking, Stephen, *Breve historia del tiempo*, España, Crítica, 2003, p. 84.

²⁹⁵ Si la probabilidad se expresa en porcentaje, entonces el rango de valores aceptables va de cero a cien.

²⁹⁶ Barrow, John, *El libro de la nada*, España, Crítica, 2001, p. 65.

Maxwell sobre la luz siempre y cuando se considerara un sistema de referencia con cuatro dimensiones espaciales, además del tiempo, que sería la quinta.

El físico alemán desglosó el modelo pentadimensional de Kaluza en una teoría de campos tetradimensional, obteniendo como resultado sus propias ecuaciones de la relatividad general junto con un elemento adicional, que eran las de Maxwell.

Kaluza pensaba que la cuarta dimensión no era experimentalmente observable, pues habría colapsado en un círculo tan pequeño que ni siquiera los átomos cabrían ahí. En 1926 Oskar Klein calculó el tamaño del círculo en 10^{-33} centímetros²⁹⁷ y añadió que la teoría cuántica podría explicar por qué se había enrollado la cuarta dimensión.

En resumen: “aunque sólo somos concientes de tres dimensiones espaciales extendidas, el razonamiento de Kaluza y Klein demostró que esto no imposibilitaba la existencia de dimensiones espaciales arrolladas, al menos en el caso de que sean muy pequeñas²⁹⁸”.

²⁹⁷ A ese valor se le conoce como “longitud de Planck” y equivale aproximadamente a la cien trillonésima parte del núcleo de un átomo (10^{-20} veces).

²⁹⁸ Greene, Brian, *El universo elegante*, Colombia, Crítica, 2001, p. 216.

4.2 HIPERESPACIO.

“La idea de que nuestro universo pudiera tener más de tres dimensiones espaciales suena fatua, rara o mística²⁹⁹”. “Es obvio, decía Euclides, que un punto no tiene dimensión. Una línea tiene una dimensión: longitud. Un plano tiene dos dimensiones: longitud y anchura. Un sólido tiene tres dimensiones: longitud, anchura y altura³⁰⁰.”

Aristóteles hizo lo propio cuando escribió que “la línea tiene magnitud en una dirección, el plano en dos direcciones, y el sólido en tres direcciones, y más allá de éstas no hay otra magnitud porque las tres son todas³⁰¹.”

¿De dónde salió, entonces, la cuarta dimensión?

A mediados del siglo XIX la geometría seguía concibiendo al universo como un espacio plano y tridimensional, prácticamente en los mismos términos que los pensadores arriba citados. No había razones para poner en duda los pilares de una disciplina que había hecho posible la construcción de templos, castillos y palacios durante más de dos milenios.

Uno de quienes suscribían opiniones diferentes al consenso general era Georg Bernhard Riemman (1826-1866), quien dictó una conferencia doctoral titulada “Sobre las hipótesis que subyacen en los fundamentos de la geometría”, el 10 de junio de 1854. Ese día “nació una nueva geometría³⁰²”.

En su exposición, Riemman aportó el sustento matemático que permitía concebir un espacio en N dimensiones, siendo N un número natural cualquiera y “definió la geometría como el estudio de las variedades, espacios, con o sin límite con cualquier número (incluso un

²⁹⁹ Greene, Brian, *El universo elegante*, Colombia, Crítica, 2001, p. 210.

³⁰⁰ Kaku, Michio, *Hiperespacio*, Barcelona, Crítica, 1996, p 49

³⁰¹ Kaku, Michio, *Hiperespacio*, Barcelona, Crítica, 1996, p 49.

³⁰² Kaku, Michio, *Hiperespacio*, Barcelona, Crítica, 1996, p. 47.

número infinito de dimensiones), junto a un sistema coordenado y una métrica para definir la distancia más corta ente dos puntos³⁰³”.

El matemático supuso que nuestro universo tridimensional presentaba ciertas deformaciones perceptibles solamente en un sistema de cuatro o más dimensiones, las cuales serían responsables de generar las fuerzas eléctricas, magnéticas y gravitatorias. Añadió que podría elaborar una explicación única para la electricidad, el magnetismo y la gravedad (aún no se conocían las fuerzas de tipo nuclear) por medio de las matemáticas.

La muerte sorprendió a Riemman antes de que pudiera encontrar las ecuaciones que sustentaran sus palabras. Pasaría más de medio siglo antes de que Einstein y Grossman utilizaran al hiperespacio para describir el mundo real en términos de la relatividad general.

Kaluza y Klein también lo aprovecharon para unir exitosamente a la gravedad con el electromagnetismo, aunque no pudieron hacer lo mismo respecto a las fuerzas nucleares. Pero la base de su planteamiento pareció haber marcado el camino a seguir en la búsqueda de la teoría unificada.

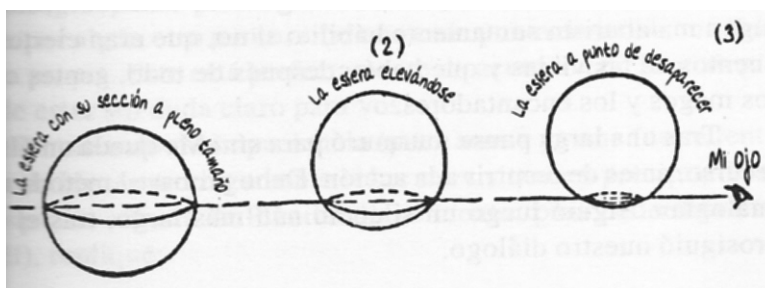
¿Por qué los humanos no pueden ver más allá de la tercera dimensión?

Hacia 1884, Edwin A. Abbott (1838-1926) escribió *Planilandia, una novela de muchas dimensiones*. En ella relataba³⁰⁴ la historia de un mundo bidimensional habitado por figuras geométricas planas. Ahí vivía el señor Cuadrado, un abogado conservador que nunca habría pensado en desafiar la prohibición para hablar o especular sobre la existencia de una tercera dimensión hasta que recibió la sorpresiva visita de una Esfera.

³⁰³ Mankiewicz, Richard, *Historia de las matemáticas*, Barcelona, Paidós, 2000, p. 132.

³⁰⁴ Sagan y Kaku (*Hiperespacio*) hacen referencias al texto de Abbot en el marco de las teorías hiperespaciales. La documentación a partir del texto original escapa a los objetivos de esta tesis.

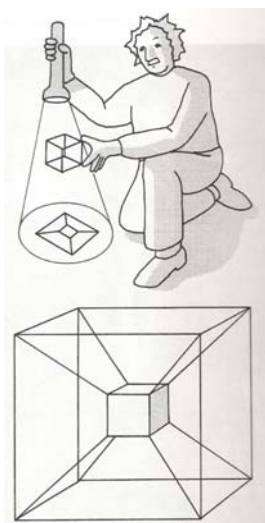
Cuadrado era incapaz de visualizar la forma completa de la Esfera. Lo único que reconocía era un círculo perfecto de tamaño variable que le estaba hablando sobre la existencia de un mundo tridimensional llamado Espacilandia:



El polígono aceptó la invitación de su redondo amigo para viajar a ese misterioso lugar. Siendo un ser bidimensional, no apreciaba detalladamente todo lo que pasaba ahí, pero vio lo suficiente como para compartir su experiencia con todos sus coterráneos cuando volvió a Planilandia. Lejos de ser escuchado, Cuadrado fue arrestado por los sacerdotes, declarado un charlatán y condenado a pasar el resto de su vida en aislamiento.

Del mismo modo en que Cuadrado podía visualizar las dos dimensiones de su mundo (longitud y anchura), pero no una tercera (altura), los seres humanos sólo tienen la capacidad de ver las tres dimensiones con las que están familiarizados. Aún así, el británico Charles Howard Hinton “pasó toda su vida adulta obsesionado con la idea de popularizar y visualizar la cuarta dimensión³⁰⁵”, para lo cual desarrolló métodos indirectos con la intención de que cualquier persona pudiera inferir la forma de los hipercubos (cubos en 4D).

³⁰⁵ Kaku, Michio, *Hiperespacio*, Barcelona, Crítica, 1996, p. 83.



El hombre de esta ilustración está proyectando sobre una superficie plana (bidimensional) la sombra de un cubo tridimensional, la cual podría ser visible, incluso, para los planilandeses.

Por analogía, en la parte inferior se muestra la proyección en las tres dimensiones percibidas por los sentidos de los seres humanos de un hipercubo (cubo en 4D).

Entre 1890 y 1910 las ideas acerca de la cuarta dimensión “impregnaron los círculos literarios, la vanguardia y las ideas del público en general, influyendo en las tendencias artísticas, literarias y filosóficas³⁰⁶”.

Con respecto a la posibilidad de que pudiesen existir dimensiones adicionales en el mundo físico, Stephen Hawking ha expresado que:

“la pregunta ‘¿existen realmente dimensiones adicionales?’ no tiene ningún significado (...), todo lo que podemos preguntar es si los modelos matemáticos con dimensiones adicionales proporcionan una buena descripción del universo³⁰⁷”.

³⁰⁶ Kaku, Michio, *Hiperespacio*, Barcelona, Crítica, 1996, p. 77.

³⁰⁷ Hawking, Stephen, *El universo en una cáscara de nuez*, España, Planeta, 2003, p 54.

4.3 EN BUSCA DE UNA TEORÍA FINAL.

Cuando los físicos detectaron –analizando datos obtenidos experimentalmente– la existencia de cada vez más partículas subatómicas que no siempre podían ser explicadas en términos de la física cuántica se toparon con un obstáculo que fue superado a través del llamado modelo estándar, el cual “considera a los constituyentes elementales del universo como ingredientes similares a puntos sin estructura interna³⁰⁸”. La nueva teoría podía explicar a los fenómenos electromagnéticos en interacción con las partículas subatómicas, pero no a la gravedad en los términos de Einstein sin conducir a soluciones absurdas.

Frente a esta desilusión, algunos científicos voltearon al pasado y descubrieron que si ampliaban la teoría pentadimensional de Kaluza–Klein a un número N de dimensiones, podían derivar de ella el modelo estándar. Para integrar la fuerza de gravedad se adaptó la relatividad general a un sistema de 11 dimensiones, lo que dio lugar al concepto de supergravedad. Sin embargo, pronto empezaron a detectarse inconsistencias entre ésta y la teoría cuántica, pues las ecuaciones conducían a soluciones absurdas.

Pero un nuevo camino estaba a punto de abrirse: en 1968 el físico Gabriel Veneziano estaba tratando de encontrar un sentido lógico a varias propiedades de la fuerza nuclear fuerte que había observado experimentalmente y notó que una fórmula llamada “función beta de Euler” parecía ajustarse, como si de un molde se tratase, a la descripción de tales partículas.

Hacia 1970, Yoichiro Nambu, Holger Nielsen y Leonard Susskind revelaron que si se construía un modelo de partículas vibratorias elementales, considerándolas como cuerdas unidimensionales, sus interacciones se podrían describir con toda exactitud mediante la función beta de Euler. Y si esas cuerdas eran lo suficientemente pequeñas, podrían seguir pareciéndose a las partículas puntuales definidas en el modelo estándar.

³⁰⁸ Greene, Brian, *El universo elegante*, Colombia, Crítica, 2001, p. 157.

Los primeros intentos por combinar la teoría de cuerdas con la mecánica cuántica demostraron que se evitaban los infinitos, mas no los valores negativos. Sin embargo, cálculos posteriores permitieron establecer que éstos también desaparecerían si una cuerda pudiese vibrar en 9 direcciones, lo cual implicaría la existencia de 9 dimensiones espaciales que, junto con el tiempo, constituirían un sistema decadimensional (10D).

A la teoría de cuerdas en 10 dimensiones se le llamó teoría de supercuerdas. En 1984 Schwarz y Green demostraron que ésta tenía, en principio, “la capacidad suficiente para abarcar las cuatro fuerzas y todo tipo de materia³⁰⁹”.

¿Qué dice la teoría de supercuerdas?

“Desde hace mucho tiempo, la música ha proporcionado las metáforas elegidas para referirse a los problemas relativos al cosmos que han dado más quebraderos de cabeza (...). Con el descubrimiento de la teoría de las supercuerdas, las metáforas musicales adoptaron un realismo sorprendente, ya que esta teoría sugiere que el paisaje microscópico está cubierto de diminutas cuerdas cuyos modelos de vibración orquestan la evolución del cosmos³¹⁰”.

A partir de la teoría de supercuerdas fue posible derivar las ecuaciones de Einstein, el modelo estándar y la teoría Kaluza-Klein.

La presunción de que los componentes del universo no son partículas puntuales –como sugería el modelo estándar- sino filamentos unidimensionales que vibran de un lado para otro parece resolver el conflicto entre la relatividad general y la mecánica cuántica, señalando el camino a seguir para construir la teoría unificada de campos.

Alcanzar ese objetivo final dependería, entre otras cosas, de que las cuerdas realmente sean las partículas fundamentales en el universo. En tal caso, es correcto afirmar que estamos en la antesala de la teoría final. Pero si en el futuro “alguien” descubriese que esos diminutos

³⁰⁹ Greene, Brian, *El universo elegante*, Colombia, Crítica, 2001, p. 160.

³¹⁰ Greene, Brian, *El universo elegante*, Colombia, Crítica, 2001, p. 157.

filamentos vibratorios están hechos de algo menor que ellas mismas, ya “no serían componentes fundamentales. En este caso, aquello que formara las cuerdas las desplazaría inmediatamente y estaría en su derecho de ser considerado como un componente aún más básico del universo³¹¹”.

Durante la década de 1980 se desarrollaron cinco teorías de supercuerdas que aparentemente no tenían relación alguna entre sí. Hoy sabemos que todas ellas son distintas expresiones de una misma teoría que se llama “Teoría M”, la cual “une a las otras cinco en un solo marco teórico³¹²” y es válida para un sistema en 11 dimensiones.

Reduciendo, empero, la teoría M “a dimensiones inferiores, los físicos han encontrado ya el juego casi completo de universos posibles en ocho dimensiones, y los físicos también están completando rápidamente un análisis de los universos hexadimensionales posibles. El siguiente problema, cuya solución puede exigir aún años de duro esfuerzo, es hallar todos los universos cuatridimensionales y comprobar si nuestro universo está entre ellos³¹³”.

³¹¹ Greene, Brian, *El universo elegante*, Colombia, Crítica, 2001, p. 163.

³¹² Hawking, Stephen, *El universo en una cáscara de nuez*, España, Planeta, 2003, p. 57.

³¹³ Kaku, Michio, *Visiones*, España, Debate, 1998, p. 457.

4.4 DE CARA AL FUTURO.

Stephen Hawking, uno de los fundadores de la llamada cosmología cuántica, propuso considerar a todo el universo como si fuese una partícula cuántica, con su propio tiempo y sus constantes físicas. Dado este sistema de referencia, se trataría de determinar los universos más probables, partiendo del conjunto de todos los universos posibles. Evidentemente, el nuestro sería uno de los más probables, pero no necesariamente el único.

Lo anterior supone la existencia de “un número infinito de todos los universos posibles en mutua coexistencia. Para decirlo llanamente, la definición de la palabra universo ya no es ‘todo lo que existe’. Ahora significa ‘todo lo que puede existir’³¹⁴”.

Cualquier especulación sobre la existencia de otros universos, además del nuestro, nos obliga a retroceder en el tiempo 15 mil millones de años, justo al instante en que nació el universo en que vivimos. Es posible que antes de ese momento haya existido un hiperuniverso de diez dimensiones altamente inestable, lo cual derivó en el *big bang*. En ese momento surgieron dos universos: el nuestro con cuatro dimensiones y su hermano en 6D. Por supuesto, las seis dimensiones de ese universo hermano estarían enrolladas, en un espacio equivalente a la longitud de Planck.

“Las dimensiones espaciales adicionales de la teoría de cuerdas no se pueden ‘aplastar’ de ninguna manera; las fórmulas que surgen de la teoría restringen severamente la forma geométrica que pueden adoptar³¹⁵”. Existe, sin embargo, un tipo de formas geométricas hexadimensionales que pueden ser proyectadas en una hoja de papel siguiendo un método similar al de Hinton con los hipercubos. A esas proyecciones se les llama espacios de Calabi-Yau en honor de los matemáticos Eugenio Calabi y Shing-Tung Yau (ellos no los inventaron, pero sus trabajos jugaron un papel fundamental para que científicos posteriores pudiesen construirlos).

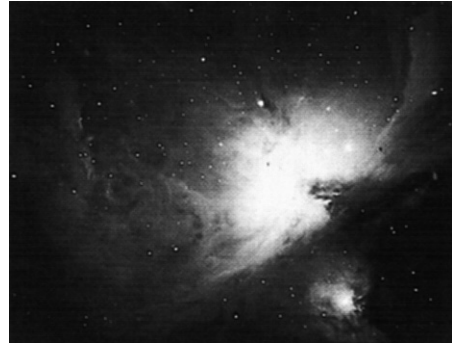
³¹⁴ Kaku, Michio, *Hiperespacio*, Barcelona, Crítica, 1996, p. 266.

³¹⁵ Greene, Brian, *El universo elegante*, Colombia, Crítica, 2001, p. 232.

Suponiendo que en verdad existan varios universos (al menos dos), ¿hay algún modo de viajar entre ellos?

Para intentar responder a esta pregunta es necesario empezar explicando por qué brillan las estrellas.

“En el espacio interestelar existen nubes de gas constituidas fundamentalmente por átomos libres de hidrógeno y helio³¹⁶”. Por efecto de la gravedad la nube empieza a comprimirse, adoptando una forma esférica, y su temperatura “puede alcanzar decenas de millones de grados (centígrados)³¹⁷”.



En ese momento se inicia una reacción nuclear que convierte a los átomos de hidrógeno en helio. Como resultado de este proceso se desprende energía en forma de luz y calor. La primera hace posible que la estrella brille y el segundo ejerce una presión desde su centro hacia fuera lo suficientemente fuerte como para detener la contracción gravitacional.

“De manera simultánea a la formación de la nueva estrella (...), pueden ocurrir los procesos que llevan a la posible formación de un sistema planetario³¹⁸”.

Este equilibrio se mantiene durante millones de años, hasta que el hidrógeno se termina. La forma en que mueren estos cuerpos celestes depende de su tamaño, pero el factor común en todos los casos es la desaparición de los procesos nucleares que mantenían a raya a la gravedad.

Las estrellas cuya masa equivale a 10 o más veces la de nuestro Sol, se comprimen hasta alcanzar un tamaño cero y una densidad infinita, curvando el espacio-tiempo a tal grado

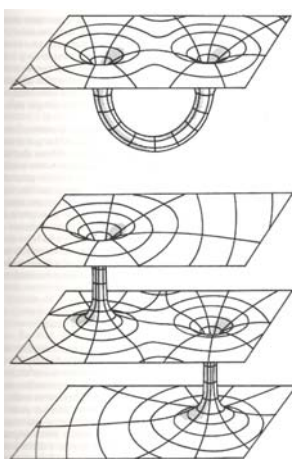
³¹⁶ Rodríguez, Luis, *Un universo en expansión*, México, F.C.E., 1986, p. 22.

³¹⁷ Hacyan, Shahen, *Los hoyos negros y la curvatura del espacio-tiempo*, México, F.C.E., 1988, p. 43.

³¹⁸ Rodríguez, Luis, *Un universo en expansión*, México, F.C.E., 1986, p. 25.

“que ni la luz alcanza a salir de él, ya no digamos un cuerpo material³¹⁹”. ¡Ha nacido un agujero negro!

“En 1916 (...), Karl Schwarzschild (...) obtuvo una solución de las ecuaciones de campo de la relatividad general que representaba un agujero negro³²⁰”. También descubrió que la región del espacio–tiempo curvada por el agujero negro tenía un límite³²¹, más allá del cual todo objeto sería absorbido irremediabilmente.



Por su parte, el matemático Roy Kerr descubrió que “una estrella masiva en rotación no colapsa en un punto (...); se achata hasta que eventualmente se comprime en un anillo³²²”. “En el marco de este planteamiento, los agujeros negros podrían ser portales que permitan (al menos desde un punto de vista meramente teórico) los viajes a través del tiempo y el espacio, debido a que cuentan con el suficiente poder como para abrir túneles –llamados agujeros de gusano- entre dos puntos distantes del espacio–tiempo, o bien, entre nuestro universo y algún otro.

“Si existen, los agujeros de gusano serían unos ‘achatamientos’ del espacio. En las tres dimensiones donde tenemos la costumbre de movernos, los agujeros de gusano son comunes: si un tren que corre a 100 kilómetros por hora entra en un túnel hecho en la montaña y si un automóvil sigue el relieve de esta montaña a la misma velocidad, es el tren el que llegará más rápido a su destino³²³”.

³¹⁹ Rodríguez, Luis, *Un universo en expansión*, México, F.C.E., 1986, p. 34.

³²⁰ Hawking, Stephen, *El universo en una cáscara de nuez*, España, Planeta, 2003, p. 111.

³²¹ A ese límite se le llama radio de Schwarzschild u horizonte de sucesos.

³²² Kaku, Michio, *Hiperespacio*, Barcelona, Crítica, 1996, p. 236.

³²³ Antaki, Ikram, *Ciencia*, México, Joaquín Mortiz, 1998 (El banquete de Platón, segunda serie), p. 173.

La aplicación práctica de todos estos conceptos se traduciría en vehículos capaces de “saltar a través de años luz de espacio e ir ‘más rápido que la velocidad de la luz’ sin violar la relatividad³²⁴”.

¿Y también se podría viajar en el tiempo?

“La base de todas las discusiones modernas sobre viajes en el tiempo es la teoría general de la relatividad de Einstein³²⁵”. Algunos científicos han tratado de demostrar matemáticamente la posibilidad de llevar a cabo este tipo de travesías, e incluso han sugerido el tipo de artefacto que sería necesario construir.

- En 1949, el científico austriaco Kurt Gödel “demostró que la teoría de Einstein contiene algunas patologías sorprendentes, incluyendo el viaje en el tiempo³²⁶”...
- ...siempre y cuando el universo estuviera lleno de gas y polvo en rotación continua.
- Kip Thorne, dio un paso adicional al haber desarrollado “la primera propuesta seria de una máquina del tiempo³²⁷”, capaz de generar sus propios agujeros de gusano...
- ...sin embargo, no especificó de qué manera se podría crear la materia y energía necesaria para abrir esa clase de portal en el universo.

“Aunque la teoría de Einstein permite las máquinas del tiempo y los agujeros de gusano, esto no significa que puedan construirse³²⁸”. Pero si tal fuera el caso, probablemente abundarían las personas interesadas en regresar al pasado para corregir sus errores y sacar ventaja de su conocimiento del futuro. La teoría de la relatividad nos dice que eso es completamente imposible. La cosmología cuántica, en cambio, no descarta esa posibilidad porque echa mano de los universos paralelos.

³²⁴ Kaku, Michio, *Visiones*, España, Debate, 1998, p. 445.

³²⁵ Hawking, Stephen, *El universo en una cáscara de nuez*, España, Planeta, 2003, p 135.

³²⁶ Kaku, Michio, *Hiperespacio*, Barcelona, Crítica, 1996, p. 252.

³²⁷ Kaku, Michio, *Hiperespacio*, Barcelona, Crítica, 1996, p. 255.

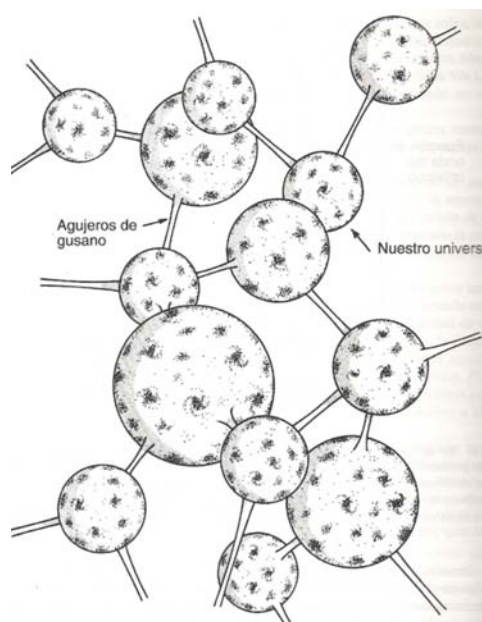
³²⁸ Kaku, Michio, *Visiones*, España, Debate, 1998, p. 449.

Si un joven, por ejemplo, utiliza la máquina del tiempo para volver al pasado y asesina a su padre antes de que éste conociera a su madre tenemos una paradoja, porque ese chico sólo podría haber existido como fruto de la unión de sus progenitores. Pero si ellos jamás se conocieron, él no habría nacido ni viajado desde el futuro para cometer su crimen. Sin embargo, el padre sólo podría haber muerto antes de haberse casado debido a la acción del muchacho.

Lo que sucede, en términos de la cosmología cuántica, es que el viajero del tiempo volvió al pasado de un universo paralelo, idéntico al nuestro, excepto por el hecho de que el chico asesinó a su padre y ahí no nacerá. Pero sus acciones no tendrán ningún efecto sobre el universo de donde partió originalmente.

De acuerdo con Hawking, “puede haber un número infinito de universos alternativos coexistiendo con el nuestro, todos los cuales están conectados por una madeja infinita de agujeros de gusano³²⁹”.

Pero estamos adentrándonos en el terreno de la especulación, pues aún no se ha determinado qué tan probable es la existencia de esos universos paralelos. Quizá los valores que en el futuro obtengan los cosmólogos cuánticos sean muy cercanos a cero, lo cual –en términos prácticos- significaría que sólo existe un universo: el nuestro.



El escenario inverso supondría una lista infinita de universos posibles. “Cada uno de ellos seguirá su propia evolución, independientemente de los demás y será medido por investigadores ‘paralelos’ en cada universo³³⁰”.

³²⁹ Kaku, Michio, *Hiperespacio*, Barcelona, Crítica, 1996, p. 277.

³³⁰ Antaki, Ikram, *Ciencia*, México, Joaquín Mortiz, 1998 (El banquete de Platón, segunda serie), p. 180.

Concentrémonos nuevamente en nuestro universo. Desde el momento en que tuvo lugar el *big bang*, todos los cuerpos celestes se han estado alejando de ese “centro” donde una vez estuvo el átomo primordial. Hasta ahora, la fuerza de gravedad no ha sido lo suficientemente poderosa para detener dicho proceso y no sabemos si algún día lo conseguirá.

Lo cierto es que, si el universo “se estuviera expandiendo muy lentamente, la fuerza de la gravedad frenaría finalmente la expansión y aquél comenzaría entonces a contraerse. Sin embargo, si se expandiera más deprisa que un cierto valor crítico, la gravedad no sería nunca lo suficientemente intensa como para detener la expansión y el universo continuaría expandiéndose por siempre³³¹”.

Cualquiera de los dos escenarios implicaría la desaparición del universo tal y como lo conocemos. En cuanto a las formas de vida que lo habitan, su destino dependería del grado de desarrollo que hayan alcanzado las sociedades a que pertenecen. En teoría podrían valerse de los agujeros de gusano para desplazarse hacia algún universo paralelo, suponiendo que existan.

Ahora bien, ningún aparato funciona sin una fuente de poder y entre más sofisticada es una máquina, sus requerimientos energéticos son mayores. “El astrónomo ruso Nikolai Kardashev introdujo unas categorías prácticas, a las que llamó civilizaciones tipo I, II y III, para clasificar a las civilizaciones extraterrestres, basándose en la progresión natural del consumo de energía³³²”:

- Una Civilización Tipo I “es necesariamente una civilización planetaria (...), obtiene gran parte de su energía de fuentes planetarias; es decir, de los océanos, la atmósfera y las profundidades del planeta. Modificará su clima y explotará sus océanos, usando recursos planetarios que hoy sólo son un sueño³³³”.

³³¹ Hawking, Stephen, *Breve historia del tiempo*, España, Crítica, 2003, p. 65.

³³² Kaku, Michio, *Visiones*, España, Debate, 1998, p. 424.

³³³ Kaku, Michio, *Visiones*, España, Debate, 1998, p. 426.

- Una Civilización Tipo II “posee la capacidad de esquivar numerosos desastres astronómicos y ecológicos por medio del poder de su tecnología (...); como los motores del planeta producen grandes cantidades de calor, es necesario un sistema sumamente complejo de gestión y reciclado de residuos³³⁴”.
- Una Civilización Tipo III “controla la potencia de toda una galaxia (...), aprovecha la potencia de miles de millones de sistemas estelares. Probablemente ha dominado las ecuaciones de Einstein y puede manipular el espacio–tiempo a voluntad³³⁵”.

Probablemente lo primero que se pregunte quien lea esta categorización sea en qué punto nos encontramos los pobladores de la Tierra.

“En esta escala cósmica, somos una civilización de tipo 0: obtenemos nuestra energía de plantas muertas (por ejemplo, los combustibles fósiles). Somos como niños pequeños que comenzamos a contemplar el inmenso universo de posibles civilizaciones. Nuestra civilización es tan nueva que hace sólo cien años obteníamos aún la mayor parte de nuestra energía de la quema de leña y carbón³³⁶.”

Algunas estimaciones consideran que si mantenemos el ritmo de crecimiento promedio del siglo XX, alcanzaremos el grado de Tipo I dentro de unos pocos cientos de años. Aún así, nuestra mayor preocupación no debiera ser cuánto tiempo tardaremos en colonizar otros mundos, sino qué medidas debemos tomar para maximizar los recursos disponibles en el que ya tenemos. O, mejor dicho, en el único que tenemos.

El que una sociedad alcance un punto de desarrollo tecnológico donde pueda valerse de la potencia del hiperespacio, depende –entre otras cosas- de su capacidad para superar una serie de desastres durante su etapa 0. Una civilización de este tipo “es como un niño

³³⁴ Kaku, Michio, *Visiones*, España, Debate, 1998, p. 428.

³³⁵ Kaku, Michio, *Hiperespacio*, Barcelona, Crítica, 1996, p 286.

³³⁶ Kaku, Michio, *Visiones*, España, Debate, 1998, p. 425.

malcriado, incapaz de controlar sus caprichos y ataques de temperamento autodestructivo (...); está dividida aún a lo largo de profundas líneas de fractura creadas miles de años atrás³³⁷”.

Pero la posibilidad de autodestruirnos en una guerra no es la única amenaza real para nuestra supervivencia como especie. “Si el crecimiento de población y el consumo de electricidad siguen al ritmo actual, en el año 2600 la población mundial se estará tocando hombro con hombro, y el consumo de electricidad hará que la Tierra se ponga al rojo vivo³³⁸”.

“Parasitamos al mundo. Necesitamos de manera urgente un contrato de armisticio, de simbiosis. Ésta admite el derecho de huésped, mientras que los parásitos condenan a muerte a aquel que habitan y roban³³⁹”.

Por lo anterior, algunos autores vislumbran a la humanidad del futuro, no como una próspera sociedad planetaria en expansión, sino como “un Scrooge patético y aterrorizado en el cuento de Charles Dickens, arañando la tierra de su propia tumba y pidiendo una segunda oportunidad³⁴⁰”.

Quizá tendemos a pensar que los miembros de las Civilizaciones Tipo III habrán conseguido desarrollar estructuras sociales equiparables a su sofisticada tecnología como una manera de mantener vivo nuestro propio ideal de una sociedad justa. Pero podría no ser así, de tal suerte que cuando al fin podamos visitar otros planetas lo único que encontremos en ellos sean ruinas o formas de vida menos avanzadas que la nuestra.

¿Cuándo podría comenzar la búsqueda de vida inteligente en el espacio exterior?

En principio, sería posible hacerlo en el corto plazo. Existen diseños preliminares de un vehículo capaz de alcanzar un décimo de la velocidad de la luz cuyo nombre clave es

³³⁷ Kaku, Michio, *Visiones*, España, Debate, 1998, p. 425.

³³⁸ Hawking, Stephen, *El universo en una cáscara de nuez*, España, Planeta, 2003, p 158.

³³⁹ Antaki, Ikram, *Segundo renacimiento*, México, Joaquín Mortiz, 1992, p 54.

³⁴⁰ Kaku, Michio, *Hiperespacio*, Barcelona, Crítica, 1996, p 295.

Proyecto Orión. No utiliza cohetes a reacción basados en combustibles líquidos, sino el impulso de “explosiones de bombas de hidrógeno, armas nucleares, contra una placa de inercia, proporcionando cada explosión una especie de puf puf como si fuera una enorme canoa nuclear en el espacio³⁴¹”.

Una segunda opción igualmente viable es la sugerida por el físico Freeman Dyson, quien considera que nuestro naciente programa espacial debería dar prioridad al lanzamiento de aparatos pequeños no tripulados para explorar el sistema solar. El vehículo que propone recibe el nombre de *Astropollo*.

“Sería en parte máquina y en parte animal, utilizando los desarrollos más avanzados en bioingeniería. Sería pequeño pero suficientemente potente para explorar los planetas exteriores, tales como Urano y Neptuno. No necesitaría enormes cantidades de combustible; sería criado y programado para ‘comer’ el hielo y los hidrocarburos presentes en los anillos que rodean a los planetas exteriores (...) para transformarlos en combustible químico. Una vez saciado su apetito, se dirigiría a la siguiente luna o planeta³⁴²”.

Es verdad que hasta hoy no tenemos pruebas de que exista alguna clase de vida más allá de la atmósfera terrestre. Eso convierte –al menos temporalmente- al planeta Tierra en el único sitio donde “la encarnación local del Cosmos ha crecido hasta tener conciencia de sí misma³⁴³”.

³⁴¹ Sagan, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, p 203.

³⁴² Kaku, Michio, *Hiperespacio*, Barcelona, Crítica, 1996, p 288.

³⁴³ Sagan, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, p 345.

CONCLUSIONES.

Los seres humanos tenemos razones para entusiasmarnos ante la idea de cuán lejos pueden llevarnos las diversas ramas de la ciencia y la tecnología. No las tenemos –y esta cuestión también compete a los divulgadores- para suponer que sus avances se traducirán en una mejor calidad de vida para la mayoría de los terrícolas.

¿Cuándo fue la primera vez que el hombre utilizó una carreta tirada por animales? No lo sabemos. Pero sí sabemos que África es un continente en donde ni siquiera se ha inventado la rueda. “En efecto, la rueda exige rutas y en África no las hay, ya que las mujeres pueden llevar las cargas más pesadas sobre su cabeza³⁴⁴”.

Es verdad, la opulencia y la indigencia son tan antiguas como la propia estancia del ser humano en la Tierra. Lo cierto, es que nunca como hoy la distancia entre los más prósperos y los que menos tienen había sido tan grande. Lo irónico, es que el crecimiento de esa brecha se ha venido incrementando a partir del momento en que debería haber empezado a reducirse. Es decir, a partir del momento en que comenzamos a desarrollar herramientas para hacer nuestra vida más cómoda y aligerar la carga que suponen los trabajos más tediosos.

Con la llegada de la revolución industrial (siglo XIX), miles de campesinos en el viejo continente abandonaron sus hogares en el campo para emigrar a las ciudades. Pero esos países seguían necesitando poner la misma cantidad de alimentos en sus mesas y alguien tenía que continuar produciéndolos.

Para eso estaban las colonias y las naciones “libres” subdesarrolladas. Mientras ellas no tuviesen acceso a tecnologías propias de la era industrial serían incapaces de competir con los productos de origen Europeo, viéndose obligadas a enfocar las baterías de su fuerza laboral en actividades predominantemente rurales.

³⁴⁴Cohen, Daniel, *Riqueza del mundo, pobreza de las naciones*, Argentina, Fondo de Cultura Económica, 1998, p 19.

No debe sorprendernos, en consecuencia, que el diferencial de riqueza entre los pueblos más ricos y los más pobres se haya incrementado exponencialmente durante las últimas décadas del siglo pasado.

¿Hasta que punto las leyes de protección a la propiedad intelectual se han apartado del espíritu a la luz del cual fueron concebidas para convertirse en catalizadores de la concentración de la riqueza y, peor aún, en agentes generalizadores de la miseria?

Históricamente, las naciones débiles siempre han carecido de los recursos mínimos para diseñar y construir sus propias herramientas, pero hoy el derecho internacional les impide plagiar las que han sido desarrolladas por los pueblos del primer mundo. A menos, claro, que paguen puntualmente el costo de las licencias, con un dinero que no siempre tienen y bajo condiciones de uso que no les otorgan un margen de maniobra significativo.

Paradójicamente, ha sido Occidente –una civilización que debe su actual bonanza a herramientas creadas en regiones que hoy forman parte del tercer mundo- el gran promotor de los derechos autorales. España, Portugal, Inglaterra y Estados Unidos colonizaron todos los rincones del mundo utilizando barcos dotados con sistemas de navegación ideados por los árabes (las velas latinas) y ejércitos con armas basadas en un invento chino (la pólvora).

Todos los habitantes de dichos países se comunicaban usando las letras del alfabeto latino (heredero del alfabeto griego y, por lo tanto, del fenicio). Y algunos de los más ingeniosos crearon máquinas de vapor, motores diesel o computadoras aprovechando el álgebra (desarrollada por los árabes) y utilizando números arábigos (creados en la India).

Son muchas las herramientas que Occidente ha tomado de otras culturas, pero jamás le pagó un solo centavo a Fenicia –hoy Siria y Líbano-, China, los árabes, o la India a cambio de poder usarlas. Si bien es claro que ni Europa ni la Unión Americana son los culpables de todos los males que aquejan al resto de las naciones, es indispensable que los primeros permitan a los segundos apropiarse de los conocimientos generados durante los últimos años

en aras de construir un planeta que deje de parecerse a esa *Metrópolis* concebida por el alemán Fritz Lang en su filme de 1926.

No es mi intención hacer una apología del espionaje industrial ni abogar por reformas jurídicas que le permitan a unos cuantos mequetrefes enriquecerse vendiéndonos “lo mismo, pero más barato”. Tampoco pretendo regatear legitimidad al derecho de los científicos, creadores e inventores a recibir un pago decoroso (que no es sinónimo de oneroso) y amplio reconocimiento público por sus aportaciones a la humanidad.

Pienso, sí, que es tan posible como absolutamente necesario conciliar tal derecho con la igualmente legítima aspiración que tenemos los seres humanos de pararnos sobre los hombros de aquellos gigantes que nos han precedido y utilizar su legado como punto de partida para agregar nuevos eslabones a la cadena del conocimiento universal: nuestro patrimonio común.

Si permitimos que –en el marco de la institucionalidad y el estado de derecho- las secuencias genéticas, las fórmulas químicas, las ecuaciones físicas y los teoremas matemáticos, así como los inventos derivados de todo ello se conviertan en bienes únicamente accesibles para quienes puedan pagar los precios establecidos por las corporaciones globales y los distribuidores locales, estaremos contribuyendo a crear un mundo cada vez más desigual.

Un mundo en donde tendrán más vigencia que nunca las palabras de Amartya Sen, premio Nóbel de economía, en el sentido de que “la hambruna también se produce con los graneros llenos³⁴⁵.”

³⁴⁵ Hertz, Noreena, *El poder en la sombra*, Barcelona, Planeta, 2002, p 58.

FUENTES DE CONSULTA.

BIBLIOGRAFÍA.

- ANTAKI, Ikram, *Ciencia*, México, Joaquín Mortiz, 1997, 163 pp. (El banquete de Platón)
- ANTAKI, Ikram, *Filosofía*, México, Joaquín Mortiz, 1997, 135 pp. (El banquete de Platón)
- ANTAKI, Ikram, *Grandes temas*, México, Joaquín Mortiz, 1997, 169 pp. (El banquete de Platón)
- ANTAKI, Ikram, *Ciencia*, México, Joaquín Mortiz, 1998, 205 pp. (El banquete de Platón, segunda serie)
- ANTAKI, Ikram, *Grandes temas*, México, Joaquín Mortiz, 1998, 152 pp. (El banquete de Platón, segunda serie)
- ANTAKI, Ikram, *Historia*, México, Joaquín Mortiz, 1998, 205 pp. (El banquete de Platón, segunda serie)
- ANTAKI, Ikram, *La cultura de los árabes*, México, Siglo XXI, 1991, 278 pp.
- ANTAKI, Ikram, *Segundo renacimiento*, México, Joaquín Mortiz, 1992, 149 pp.
- ASIMOV, Isaac, *De los números y su historia*, Buenos Aires, Editorial El Ateneo, 257 pp.
- BAENA, Guillermina y Montero, Sergio, *Tesis en 30 días*, México, Editores Mexicanos Unidos, 2001, 100 pp.
- BARROW, John, *El libro de la nada*, España, Crítica, 2001, 367 pp.

BELL, E.T., *Historia de las matemáticas*, México, F.C.E., 1985, 656 pp.

BIRO, Susana, *Caja de herramientas para hacer astronomía*, México, Paidós, 2004, 136 pp.

BRAVO, Silvia, *Encuentro con una estrella*, México, F.C.E., 1987, 141 pp. (La ciencia desde México, num. 38)

CALAPRICE, Alice, *Querido profesor Einstein*, Barcelona, Gedisa, 2002, 205 pp.

CALVO, Manuel, *Divulgación y periodismo científico: entre la claridad y la exactitud*, México, Dirección General de Divulgación de la Ciencia – UNAM, 2003, 222 pp.

CAVARÍA, Olarte Marcela y Villalobos Marvella, *Orientaciones para la elaboración y presentación de tesis*, México, Trillas, 2001, 115 pp.

CETTO, Ana María, *La luz*, México, F.C.E., 1987, 137 pp. (La ciencia desde México, num. 32)

COHEN, Sandro, *Redacción sin dolor*, México, Planeta, 1998, 304 pp.

DE LA PEÑA, Luis, *Albert Einstein: navegante solitario*, México, F.C.E., 1987, 151 pp. (La ciencia desde México, num. 31)

DZIELSKA, María, *Hipatia de Alejandría*, España, Ediciones Siruela, 2004, 153 pp.

EKELAND, Ivar, *El cálculo, lo imprevisto*, México, F.C.E., 1988, 204 pp. (Breviarios, num 466)

ESTRADA, Luis, et al, *La divulgación de la ciencia*, México, Dirección General de Publicaciones – UNAM, 1981, 86 pp.

FAYARD, Pierre, *La comunicación pública en de la ciencia*, México, Dirección General de Divulgación de la Ciencia – UNAM, 2004, 275 pp.

FIERRO, Julieta, y Herrera, Miguel Ángel, *La familia del Sol*, México, F.C.E., 2003, 196 pp. (La ciencia desde México, num. 62)

GREENE, Brian, *El universo elegante*, Colombia, Crítica, 2001, 478 pp.

GREENE, Jay (compilador), *100 grandes científicos*, México, Diana, 1978, 446 pp.

HACYAN, Shahen, *Los hoyos negros y la curvatura del espacio–tiempo*, México, F.C.E., 1988, 128 pp. (La ciencia desde México, num. 50)

HAWKING, Stephen, *Breve historia del tiempo*, España, Crítica, 2003, 245 pp.

HAWKING, Stephen, *El universo en una cáscara de nuez*, España, Planeta, 2003, 216 pp.

HAWKING, Stephen, *A hombros de gigantes*, España, Crítica, 2003, 1135 pp.

HUMBERT, Juan, *Mitología griega y romana*, Barcelona, Gustavo Gili, España, 311 pp.

KAKU, Michio, *Hiperespacio*, Barcelona, Crítica, 1996, 367 pp.

KAKU, Michio, *Visiones*, España, Debate, 1998, 484 pp.

KOESTLER, Arthur, *Los sonámbulos*, Barcelona, Salvat Editores, 1986, 492 pp.

LEAR, John, *El sueño de Kepler*, Dirección General de Divulgación de la Ciencia –UNAM, 2005, 207 pp. (Letras de ciencia, num. 5)

LEÑERO, Vicente y Marín, Carlos, *Manual de periodismo*, México, Grijalbo, 1986, 315 pp.

LIPPINCOTT, Kristen et al, *El tiempo a través del tiempo*, Barcelona, Grijalbo, 2000, 204 pp.

LUMINET, Jean-Pierre, *El incendio de Alejandría*, Barcelona, Ediciones B, 2003, 300 pp.

MALACARA, Daniel y Malacara, Juan Manuel, *Telescopios y estrellas*, México, F.C.E., 1988, 175 pp. (La ciencia desde México, num. 57)

MANKIEWICZ, Richard, *Historia de las matemáticas*, Barcelona, Paidós, 2000, 192 pp.

MORÍN, Edgar. *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*, México, UNESCO, 2001, 108 pp.

OSSERMAN, Robert, *La poesía del universo*, España, Crítica, 1997, 202 pp.

PARDINAS, Felipe, *Metodología y técnicas de investigación en ciencias sociales*, México, Siglo XXI, 1998, 242 pp.

ROBLES, Martha, *Mujeres, mitos y diosas*, México, F.C.E., 2000, 337 pp.

RODRIGUEZ, Luis, *Un universo en expansión*, México, F.C.E., 1986, 110 pp. (La ciencia desde México, num. 1)

SAGAN, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, 366 pp.

SÁNCHEZ, Ana María, *La divulgación de la ciencia como literatura*, México, Dirección General de Divulgación de la Ciencia – UNAM, 1998, 168 pp.

SOBEL, Dava, *La hija de Galileo*, España, Debate, 1999, 376 pp.

TONDA, Juan, Sánchez, Ana María y Chávez, Nemesio (coordinadores), *Antología de la divulgación de la ciencia en México*, Dirección General de Divulgación de la Ciencia – UNAM, 2002, 378 pp.

TOUSSAINT, Florence (coordinadora), *Experiencias de la divulgación de tecnología y ciencia en México*, México, SEP – Subsecretaría de educación e investigación tecnológicas, 1985, 163 pp.

TESIS .

FLANDES, José Alberto, *Mitología, geometría y física. Las concepciones cosmológicas a través de la historia*, Tesis de Licenciatura (Físico), UNAM, Facultad de Ciencias, 1998, 131 pp.

GALICIA, Elsa, *Libros de astronomía y astrología de los siglos XV al XVIII en el Fondo de Origen de la Biblioteca Nacional de México*, Tesis de Licenciatura (Licenciado en Bibliotecología), UNAM, Facultad de Filosofía y Letras, 1999, 191 pp.

HEMEROGRAFÍA .

Hacyan, Shahen, “Isaac Newton y el criptograma de Dios”, *Artefactos*, Número 7 (mayo, 2000), pp 47.