



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS POLÍTICAS Y SOCIALES
PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS POLÍTICAS Y
SOCIALES

¡DIOS BENDIGA A LOS HEREJES!

UN RELATO DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA A PARTIR DE
LA VIDA Y OBRA DE JOHANNES KEPLER Y GALILEO GALILEI

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MAESTRO EN COMUNICACIÓN

PRESENTA

JOSUÉ WILFRIDO CRESPO ROLDÁN



TUTOR

MAESTRA GLORIA VALEK VALDÉS

CIUDAD UNIVERSITARIA, 2010.



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Aprovecho el primer párrafo de esta página para agradecer el apoyo económico recibido por parte del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), institución a través de la cual el pueblo de México ha tenido la generosidad de financiar mis estudios de posgrado.

Las coloquialmente llamadas "tesis", suelen ser vistas como el producto de una labor individual; en buena medida lo son. Pero estos documentos encuentran su versión definitiva cuando se enriquecen con el seguimiento de un tutor entusiasta y propositivo, junto con las críticas de un jurado revisor dispuesto a discutir las ideas libremente, sin ningún tipo de adulación. Por ello, saludo las aportaciones de la Maestra Gloria Valek Valdés y de las Doctoras Alma Rosa Alva de la Selva, Julieta Fierro Gossman, Francisca Robles y Susana González Reyna.

Claro que el mejor sitio para comenzar no es el final, sino el principio. Y la fase inicial de esta investigación no podría explicarse sin tomar en cuenta la contribución de la Doctora María J. Santos, incluyendo las dieciséis sesiones correspondientes a su seminario sobre el impacto social del desarrollo científico-tecnológico y el cúmulo de sugerencias bibliográficas específicas.

Pero sería injusto reducir el ciclo que ahora termina a un episodio meramente académico, pues durante los dos años que pasé en esta casa de estudios conocí a excelentes compañeros; con ellos degusté el auténtico asado argentino, charlé sobre cine, teatro, política o animación japonesa, compartí aquellas agotadoras jornadas con dos clases en un mismo día y me adentré en los misteriosos senderos del pragmatismo teórico.

A propósito de amistades, me alegro de seguir frecuentando a las amigas que he conocido en otras épocas y que ahora ya son parte de mi vida, porque su compañía me recuerda que no estoy solo en este mundo luchando contra el viento y su presencia evoca el tiempo en que las cosas simples de la vida solían arrancarnos una sonrisa.

Y aunque mi familia no se parece a la de Galileo Galilei ni a la de Johannes Kepler, éste es un buen momento para mencionar a los tíos que –al haberme hecho partícipe de sus intereses y aficiones– contribuyeron a brindarme una formación multidisciplinaria; a los primos que me ayudaron a descubrir que soy un buen contador de historias; al padre que hace varios lustros me regaló un ejemplar de *La familia del Sol*; y a la madre que no necesitó mostrarme ningún cometa para infundir en mí respeto y admiración por el mundo en que vivimos.

ÍNDICE

Introducción	2
I Propuesta teórica	
1.1 La ciencia y su método como procesos sociales	6
1.2 Divulgar la construcción de la ciencia	20
1.3 ¿Qué es un relato?	27
II Del geocentrismo al heliocentrismo	
2.1 Hace mucho tiempo, en el centro del universo...	33
2.2 La revolución copernicana	40
2.3 La reforma luterana	46
III Las elipses son eternas: vida y obra de Johannes Kepler	
3.1 Johannes Kepler (1571-1630)	51
3.2 La historia del gran señor del país de Hamlet y el erudito patán llegado del campo	57
3.3 Una nueva astronomía: un nuevo universo	65
IV Galileo Galilei y el nacimiento de un artefacto maravilloso	
4.1 Galileo Galilei (1564-1642)	70
4.2 El telescopio y la gaceta sideral	75
4.3 Crónica de una sentencia anunciada	83
V Al servicio de la ciencia	
5.1 ¿Cuáles son los aspectos de la vida y obra de Johannes Kepler y Galileo Galilei que pueden poner en contacto al lector de un relato con el método de la ciencia?	90
5.2 Conclusiones	103
Comentarios finales	105
Índice de imágenes	114
Fuentes de consulta	115

INTRODUCCIÓN

Pertenezco a la generación que dedicó incontables horas de su ochentera y cada vez más lejana infancia a ver programas de televisión como *Odisea Burbujas*. Y uno de los muchos temas musicales que recuerdo de aquella serie, es aquél en donde el profesor A. G. Memelovsky y sus simpáticos ayudantes cantaban el orden de los planetas que acompañan al nuestro en su eterno girar: Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón.

A pesar de que los asteroides siguen ocupando el espacio entre Marte y Júpiter y la melodía conserva su valor didáctico, una de sus líneas más recordadas dejó de ser vigente el 24 de agosto de 2006, cuando los miembros de la Unión Astronómica Internacional aprobaron una nueva definición de planeta en la cual Plutón ya no tenía cabida, por lo cual perdió el estatus que había mantenido desde su descubrimiento.

Claro que el tamaño, la masa, la forma y otras propiedades del mencionado cuerpo celeste siempre han sido las mismas. Lo que cambió aquél día no fue la naturaleza, sino uno de los muchos parámetros que la humanidad ha creado para interpretarla.

Episodios como éste son más frecuentes de lo que el público piensa en el mundo de la ciencia. De vez en cuando, los especialistas en tal o cual disciplina deciden que podrán comprender mejor los fenómenos que estudian si redefinen algunos conceptos, reformulan los alcances de ciertas leyes o reemplazan cuerpos teóricos completos por otros más sencillos y precisos.

Una de las páginas más emblemáticas e ilustrativas sobre el modo en que las distintas fracciones de la comunidad científica reaccionan ante estos cambios es el de la llamada revolución copernicana. La idea de que la Tierra no estuviese inmóvil en el centro del universo generó docenas de seguidores y detractores, dando lugar a una rivalidad que se extendió durante más de doscientos años.

Desde el punto de vista de la divulgación de la ciencia, la transición del sistema geocéntrico al heliocéntrico aglutina prácticamente todas las facetas del quehacer científico; tanto las concernientes al ámbito de lo meramente racional (recolección y análisis de datos, uso de

instrumentos especializados, confrontación de modelos teóricos entre sí y frente a la naturaleza, complementariedad entre líneas de trabajo), como aquellas que están más vinculadas a los procesos sociales en su interacción con la actividad individual de los investigadores (capital cultural, capital social, credibilidad, uso propagandístico de los llamados datos duros).

La revolución copernicana comprende los trabajos de Nicolás Copérnico, Johannes Kepler, Galileo Galilei e Isaac Newton. Sin embargo, en virtud de los límites temporales dentro de los cuales se ha desarrollado esta investigación, he preferido concentrarme en la vida y obra de Kepler y Galilei en términos de la siguiente:

PREGUNTA EJE

¿Cuáles son los aspectos de la vida y obra de Galileo y Kepler que pueden poner en contacto al lector de un relato con el método de la ciencia?

¿POR QUÉ JOHANNES Y GALILEO?

Elegí construir un relato basado en las investigaciones de dos personajes en lugar de uno sólo, porque el método de la ciencia no constituye una fórmula que pueda aplicarse invariablemente en los diversos escenarios específicos. Sus lineamientos generales son aprovechados de modo diferente por cada investigador de acuerdo con los requerimientos del proyecto en curso, pero también con su propia formación, sus habilidades, sus intereses, sus valores (incluyendo prejuicios) y los recursos de que dispone.

Kepler tuvo acceso a los archivos e instrumentos de un excelente astrónomo, pero su labor se vio afectada por las guerras religiosas y la falta de recursos económicos. Galilei fue capaz de construir un telescopio, contó con la amistad de personajes poderosos y se enfrentó a la institución hegemónica de su tiempo. El primero negó, durante muchos años, la posibilidad de que existiesen rasgos de imperfección en la creación divina. El segundo no podía concebir que las ideas de un protestante describiesen mejor la realidad que las de un católico.

A pesar de tales diferencias, ambos vivieron en la misma época, tuvieron acceso a la educación formal y desarrollaron su actividad en una Europa dividida por la reforma

protestante y la contrarreforma católica. No fueron los autores de la cosmovisión heliocéntrica (ese honor le pertenece a Copérnico), aunque estuvieron influenciados por ella y trabajaron para expandir sus alcances. Tampoco llegaron a ocupar la presidencia de una sociedad científica de la cual pudieran valerse para dar más peso a sus descubrimientos (beneficio que sí tuvo Newton).

Por la manera en que se acercaron a los hechos que llamaban su atención, estos dos personajes contribuyeron a sentar las bases de la astronomía moderna, de modo que sus respectivas biografías cuentan con los elementos necesarios para poner al público en contacto con algunos de los procesos creativos a los cuales puede recurrir un investigador para conocer mejor al mundo que lo rodea. Partiendo de las principales convergencias y divergencias sobre la manera en lo hicieron.

OBJETIVO GENERAL

Identificar las similitudes y diferencias entre la manera como Galileo Galilei y Johannes Kepler se apropiaron del método de la ciencia y relatarlas mediante un texto de divulgación científica.

OBJETIVOS PARTICULARES

- 1.1 Describir la concepción de la ciencia y su método en el marco del constructivismo social.
- 1.2 Exponer las características de la divulgación científica y definir al relato.
- 2.1 Relatar los orígenes del geocentrismo y explicar el contexto social en Europa al inicio del renacimiento.
- 3.1 Relatar la vida y obra de Johannes Kepler.
- 4.1 Relatar la vida y obra de Galileo Galilei
- 5.1 Reflexionar sobre la manera en que estos personajes llevaron a la práctica el método de la ciencia.
- 5.2 Reflexionar sobre el oficio de divulgar la ciencia.

ESQUEMA DE TRABAJO

Esta investigación comprende cinco capítulos y es de carácter predominantemente documental, aunque también se realizaron entrevistas para complementar y precisar aspectos relevantes de la información recabada.

- El capítulo I contiene la propuesta teórica, que comprende los enfoques del constructivismo social y CTS (ciencia, tecnología y sociedad), el concepto de divulgación científica y la definición de relato.
- Los capítulos II, III y IV conforman propiamente mi relato de divulgación científica, el cual abarca los antecedentes de la cosmovisión geocéntrica, el surgimiento del modelo copernicano y las biografías de Kepler y Galilei.
- En el capítulo V doy respuesta a la pregunta eje.
- Comentarios finales.

I – PROPUESTA TEÓRICA

...si en la realidad hay muchas cosas que suceden por azar, en la ficción casi todo se discurre según reglas lógicas.

*Lucas Corso*¹

1.1 LA CIENCIA Y SU MÉTODO COMO PROCESOS SOCIALES

La eternidad en una idea

Los seres vivos se relacionan con la naturaleza a través de órganos que les permiten obtener información sobre su entorno, interpretarla y actuar en consecuencia. Esto es lo que sucede, por ejemplo, cuando una manada de ciervos huye tras percibir ciertos olores o sonidos que indican la presencia de un depredador.

Aunque el hombre también aprovecha sus cinco sentidos para conocer el universo, no está limitado a ellos, pues tiene, además, la capacidad de representar y explicar diversos fenómenos naturales a través de ideas.

Entre los conjuntos de ideas organizadas que mayor impacto han tenido en la historia de la humanidad destacan el arte, la religión y, muy especialmente, uno que tuvo su origen en la antigua Grecia: “aparecieron de repente personas que creían que todo estaba hecho de átomos; que los seres humanos y los demás animales procedían de formas más simples; que las enfermedades no eran causadas por demonios o por dioses; que la Tierra no era más que un planeta que giraba alrededor del Sol. Y que las estrellas estaban muy lejos de nosotros²”.

Esa forma de pensar ha perdurado hasta nuestros días, aunque actualmente la llamamos ciencia. Y sus dos mil quinientos años de vigencia no tienen que ver tanto con la originalidad de sus propuestas, como con el método a través del cual se llega a ellas.

La concepción de la ciencia como un sistema de ideas implica que sus diversas proposiciones (hipótesis, teorías) guardan consistencia lógica entre sí. En términos

¹ Personaje tan imaginario como cualquier signo matemático y cuyas aventuras pueden conocerse en Pérez-Reverte, Arturo, *El club Dumas*, México, Alfaguara, 2002, 493 pp.

² Sagan, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, p 174.

generales, se espera que las nuevas afirmaciones sean coherentes con las ya existentes. De este modo, se va construyendo una especie de mundo artificial por medio del cual es posible representar otros dos: el de los fenómenos naturales (un maremoto, el vuelo de una mosca) y el de ciertos seres imaginarios que únicamente existen en la mente de las personas (la expresión x^2 , el número π).

Mario Bunge llama fácticas a las ramas del quehacer científico que se ocupan del mundo exterior, y formales a las que tratan con entes ideales. Tal distinción no sólo tiene que ver con el tipo de objeto de estudio, sino también con el procedimiento al que se someten las proposiciones antes de convertirse en conocimiento científico, pues mientras a las ciencias formales les basta con que se demuestre la consistencia, en el caso de las fácticas es necesario hacer observaciones y experimentos “para descubrir en qué medida sus hipótesis se adecuan a los hechos³”.

Dicho de otro modo, los enunciados de las ciencias formales (lógica y matemática) se refieren a relaciones entre signos y los de las ciencias fácticas (física, medicina) aluden a sucesos y procesos⁴.

Ahora bien, el hecho de que las teorías sean consistentes entre sí y estén apoyadas por la evidencia experimental, no las convierte en explicaciones definitivas. Ésta es una de las características más importantes del conocimiento científico y a ella se le pueden añadir algunas otras:

- El conocimiento científico concibe a los hechos particulares como ejemplos típicos o casos particulares de las leyes y teorías vigentes. Pero termina trascendiendo a los hechos mismos cuando pasa de la descripción a la comprensión y logra explicar cómo pudieron haber sido en el pasado y cómo podrán ser en el futuro.
- Para reducir las ambigüedades al momento de definir conceptos relevantes, establecer parámetros de medición y presentar los resultados al mundo, los científicos utilizan un lenguaje técnico que “comunica información a quienquiera

³ Bunge, Mario, *La ciencia, su método y su filosofía*, México, Patria, 2007, p 12.

⁴ Pero es común que las ciencias fácticas se apoyen las formales en el momento de elaborar las propuestas y cotejarlas con la realidad para ser confirmadas o refutadas.

que haya sido entrenado para hacerlo⁵”, aún cuando pueda resultar oscuro para el público en general.

- Las explicaciones de la ciencia son parciales, porque ésta aborda sus objetos de estudio descomponiéndolos en otros más pequeños, para luego estudiar su funcionamiento individual y el modo en que se interrelacionan.
- Los conocimientos científicos no constituyen verdades finales, pues todos ellos son perfectibles y por lo tanto falibles. En este sentido, Karl Popper considera que “una hipótesis científica está siempre elaborada de tal manera que maximiza su exposición a las pruebas experimentales y a la potencial refutación⁶” (falsación).
- La tecnología es la aplicación de la ciencia para resolver escenarios particulares en lugar de tomarlos como punto de partida para encontrar principios generales. Los avances tecnológicos suelen traer consigo problemas que, al ser detectados por la comunidad científica, contribuyen a detonar líneas de investigación adicionales e introducir técnicas de observación o medición más rigurosas, las cuales, a su vez podrían desembocar en nuevas teorías.

La construcción del conocimiento científico

La mayoría de los no científicos –e incluso un buen número de quienes sí lo son- concibe a la ciencia como una actividad racional y objetiva. Robert K. Merton⁷ considera que las circunstancias sociales realmente no afectan el desarrollo del conocimiento científico, salvo en contextos excepcionales donde la ciencia está claramente subordinada a factores ideológicos (como Alemania durante el nazismo).

Este sociólogo propone cuatro normas o criterios para distinguir a la ciencia de otras actividades:

- Universalismo: las proposiciones científicas se evalúan en función de sus propios méritos, sin hacer referencia a los científicos que las han planteado.

⁵ *Ibidem*, p 22.

⁶ Bowler, Peter y Rhys, Iwan, *Panorama general de la ciencia moderna*, España, Crítica, 2007, p 11.

⁷ *Ibidem*, p 14.

- Comunismo⁸: el conocimiento generado le pertenece a la comunidad científica y no a individuos particulares.
- Desinterés: el científico no desarrolla vínculos emocionales o de alguna otra índole con su trabajo.
- Escepticismo metódico: sometimiento de cualquier afirmación a verificaciones rigurosas.

Mucho menos pretenciosas, aunque más apegadas a la realidad, resultan las palabras de un tal Albert Einstein sobre las características del quehacer científico:

*La ciencia, como algo existente y completo, es la cosa más objetiva que el hombre conoce. Pero, la ciencia en su hechura, como un propósito a cumplir, es tan subjetiva y tan condicionada psicológicamente como cualquier otra rama del conocimiento humano; tanto así, que la pregunta de “¿cuál es el propósito y la significación de la ciencia?”, tiene respuestas enteramente diferentes en diversas épocas y por parte de personas colocadas en distintas situaciones.*⁹

Claro que una pregunta se impone a quien desee hacer propia la posición del físico alemán. Si la ciencia es subjetiva y su significado varía según el tiempo y el lugar, ¿por qué seguimos confiando en ella?

Porque los investigadores validan sus afirmaciones sometiéndolas a un conjunto de procedimientos que reciben el nombre de método científico.

¿Y qué es el método científico? ¿Es esa especie de ritual que aprenden los estudiantes en las primarias, secundarias, preparatorias, institutos y universidades?

Tras haber hecho un recuento histórico de las ideas suscritas por distintos científicos con relación al método que guiaba su actividad cotidiana, Ruy Pérez Tamayo identifica cuatro posturas principales¹⁰:

⁸ Se utiliza el término “comunismo” tal como aparece en el texto de Bowler y Rhys. Pero si los objetivos del presente trabajo fuesen exclusivamente de divulgación, valdría la pena considerar la posibilidad de reemplazarlo por otro que no tenga sus connotaciones político-ideológicas.

⁹ Citado en Bernal, John, *La ciencia en la historia*, México, UNAM – Nueva Imagen, 2001, p 40.

¹⁰ Véase Pérez Tamayo, Ruy, *¿Existe el método científico?*, México, FCE, 2007, 301 pp.

1. Los defensores del **método inductivo-deductivo** consideran que el hombre percibe la realidad a través de los sentidos y utiliza su inteligencia para comprenderla, e incluso para explotarla en su beneficio. De acuerdo con ellos, la actividad científica comienza con la observación de casos individuales a partir de las cuales se plantean hipótesis generales que cumplan el doble propósito de explicar el objeto de estudio y predecir fenómenos similares. Las hipótesis se validan al confrontar su poder predictivo con la evidencia experimental.
2. Para quienes suscriben el **método a priori-deductivo**, el punto de partida son ciertos principios generales que son invariables y eternos, aunque su origen puede ser divino y su existencia ideal. Es a partir de esos principios que se deducen las distintas instancias particulares sin que sea absolutamente necesario demostrarlas objetivamente.
3. En el caso del **método hipotético-deductivo**, se considera que incluso las observaciones iniciales están precedidas e influenciadas por las hipótesis ya existentes. Entonces, la ciencia se inicia con una serie de conceptos y postulados que son producto de la intuición del investigador, aunque luego son puestos a prueba por medio de la experimentación.
4. El último grupo afirma que **no existe el método científico**, pues “el estudio histórico nunca ha revelado un grupo de reglas teóricas o prácticas seguidas por la mayoría de los investigadores en sus trabajos, sino todo lo contrario¹¹”.

Si estos cuatro enfoques metodológicos fuesen grupos empresariales, podría decirse que el **inductivo-deductivo** es el que tiene la marca mejor posicionada y posee la mayor cuota de mercado. Entre otras razones, porque su puesta en práctica ha hecho posibles muchos de los avances más espectaculares en la historia de la física y la astronomía, disciplinas que fueron percibidas como el “deber ser” de la actividad científica durante los siglos transcurridos entre el renacimiento y la era industrial.

Ciencias no tan exactas

A medida que los principios de la ciencia se aprovechaban para construir y comercializar toda clase de invenciones, la física y otras ciencias naturales lograron trascender el ámbito

¹¹ *Ibidem*, p 254.

académico para permear en prácticamente todos los estratos del cuerpo social, forjándose a sí mismas una imagen pública llena de atributos positivos. El progreso de la ciencia –se pensaba- era también el progreso de la sociedad¹²:

Progreso Científico => Progreso Tecnológico => Progreso económico => Progreso social => Progreso científico

Es justo reconocer que esta percepción sí tiene una base parcialmente real, pues cuando a una persona se le diagnostica una enfermedad para la cual existe cura, sus malestares físicos desaparecerán si se le administran los fármacos adecuados, no importando cuál sea su estado de ánimo, la armonía de su vida familiar, o el lugar en donde viva.

Desde esta perspectiva, el médico y el paciente involucrados en este hipotético escenario tendrían buenas razones para visualizar a la ciencia como una institución generadora de certezas y a los científicos como auténticos domadores de la naturaleza.

El efecto benéfico del tratamiento es tan contundente que termina obviando toda la cadena de eventos que debieron converger para que los medicamentos llegasen a las manos del enfermo en cuestión. Pero la manera en que se han articulado los eslabones que conforman dicha cadena no necesariamente responde al modelo ideal de progreso ni se apega totalmente a las características del conocimiento científico.

Algunos historiadores y sociólogos interesados en comprender mejor el funcionamiento de la ciencia han encontrado que “aunque puede ser bonito imaginar que siempre ganará el (científico) que dispone de las mejores pruebas, las cosas casi nunca son tan sencillas. En efecto, es raro que las pruebas y los datos nuevos sean tan inequívocos que susciten conformidad inmediata. El éxito o fracaso muchas veces depende también de factores ‘no científicos’, como el acceso a una buena financiación de las investigaciones, a ciertos puestos de trabajo o a los consejos editoriales de revistas importantes¹³”.

¹² Véase Santos, M. J. y Díaz, Rodrigo, “El análisis del poder en la relación tecnología y cultura: una perspectiva antropológica” en *Perspectivas y desafíos de la educación, ciencia y tecnología*, UNAM – ISS. De esta fuente he tomado el esquema que ilustra la expectativa de progreso vinculada al desarrollo científico.

¹³ Bowler y Rhys, *op. cit.*, p 16.

De este tipo de cuestiones se ocupan, entre otros campos académicos, el constructivismo social y el de CTS (ciencia, tecnología y sociedad). Ambos conciben a la ciencia y la tecnología como procesos complejos que se dan en contextos histórico-sociales específicos y que se retroalimentan con los valores costumbres e ideas de las sociedades en donde se practican.

La importancia de ambos enfoques en un trabajo de divulgación científica radica en que “la idea de que la ciencia puede, y debe, regirse según reglas fijas y universales, es a la vez irrealista y perniciosa (...porque...) supone una visión demasiado simple del talento de los hombres y de las circunstancias que animan o producen su desarrollo (...y...) es perjudicial para la ciencia misma porque olvida las complejas condiciones físicas e históricas que influyen sobre el cambio científico¹⁴”.

Ciertamente “habría que explicar los métodos de la ciencia, pero la mayoría de quienes se ocupan de estos asuntos quiere que el público sepa la verdad del mundo natural, es decir, lo que los poderosos creen que es la verdad del mundo natural¹⁵”.

Quizá lo expresado en el párrafo anterior permita comprender por qué “la ciencia ‘válida’ se enseña como si no estuviera conectada con el mundo al que pertenece¹⁶”. No son pocos los actores políticos, religiosos, económicos y académicos a quienes les conviene que el público siga percibiendo a la ciencia como una actividad capaz de elevarse por encima del caos social.

Los científicos no pueden –aún cuando lo desearan- permanecer ajenos a esa multiplicidad de intereses; ni siquiera durante su formación, toda vez que “la educación científica supone convencer a los estudiantes para que acepten el paradigma sin sentido crítico¹⁷”.

Vayamos hijos de la ciencia...

El enfoque a la luz del cual se llevan a cabo algunas investigaciones sobre historia de la ciencia, consiste en tomar como punto de partida las teorías, una vez construidas, y

¹⁴ Feyerabend, Paul, *Tratado contra el método*, México, Red Editorial Iberoamericana, 1993, p 289.

¹⁵ Collins, Harry y Pinch, Trevor, *El gólem*, España, Crítica, 1996, p 166.

¹⁶ Ziman, John, *Enseñanza y aprendizaje sobre la ciencia y la sociedad*, FCE, 1985, p.

¹⁷ Bowler y Rhys, *op. cit.*, p 13.

concentrarse en presentar sus fundamentos, así como dar cuenta de algunos experimentos y observaciones que las confirman. Lo mismo sucede con buena parte de los libros de texto que utilizan estudiantes de todas las edades y niveles.

A cambio de su efectividad para exponer los alcances e importancia de la ciencia moderna, esta clase de propuestas corre el riesgo de transmitir una idea equivocada sobre la manera en que se generan nuevos conocimientos científicos; especialmente aquellos que parecieran contradecir al conjunto de teorías previamente aceptadas.

Me explicaré: ya se ha mencionado que los modelos lógicos generados por la ciencia no son totales ni definitivos, pues únicamente describen aspectos específicos del mundo natural. Por eso existen teorías que funcionan muy bien de manera independiente, pero no pueden integrarse con otras igualmente correctas¹⁸.

Thomas S. Kuhn utiliza el término **paradigma** para referirse a los “logros científicos universalmente aceptados que durante algún tiempo suministran modelos de problemas y soluciones a una comunidad de profesionales¹⁹”. Esto es posible porque tienen dos características:

- Son capaces de atraer a un grupo duradero de partidarios, alejándolos de los modos rivales de actividad científica.
- Son lo bastante abiertos para dejarle a los profesionales de la ciencia que lo suscriben todo tipo de problemas por resolver.

En el marco de lo que Kuhn llama **ciencia normal**, las investigaciones se desarrollan en términos compatibles con el paradigma vigente, buscando expandir sus límites y mejorar el grado de precisión con que se puede aplicar. Eso, hasta que “alguien” se topa con fenómenos cuyo comportamiento no puede ser explicado.

¹⁸ Un caso emblemático en este sentido, es el de la incompatibilidad entre la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica. La primera explica fenómenos que involucran masas y distancias extremadamente grandes; a la segunda, en cambio, le ocupa lo que sucede en el pequeñísimo mundo subatómico. Ambas están hablando del mismo universo, de modo que sus respectivos teoremas y ecuaciones deberían ser compatibles entre sí. Y sin embargo, eso no sucede.

¹⁹ Kuhn, Thomas, *La estructura de las revoluciones científicas*, México, FCE, 2007, p 50.

Para tratar de eliminar estas anomalías, los científicos reaccionan modificando los modelos lógicos con que cuentan. Si lo logran, puede decirse que la ciencia normal ha prevalecido, pero si la naturaleza sigue empeñada en “contradecir” a la teoría, se produce la crisis que deriva en una revolución científica.

Ahora bien, la manera en que un paradigma es reemplazado por otro no es un proceso tan lineal como pudiera pensarse y, de hecho, pone en tela de juicio la idea de que para validar una teoría sólo hace falta cotejarla con la naturaleza. Y es que la construcción del conocimiento científico “nunca consiste sencillamente en la contrastación de un único paradigma con la naturaleza (...). Por el contrario, la contrastación se da como parte de la competencia entre dos paradigmas rivales por la adhesión de la comunidad científica²⁰”.

Conforme se hacen evidentes las carencias del paradigma vigente, aparecen varios modelos alternativos, defendidos por igual número de agrupaciones, cada una de las cuales desarrolla argumentos capaces de legitimar al suyo propio como un digno sucesor. Es sólo cuestión de tiempo antes de que alguno adquiera más fuerza que los demás y se convierta en el nuevo rector de la ciencia normal.

“Con la consolidación de un nuevo paradigma se inicia un cambio en la forma de ver los problemas que antes estaban sin resolver. Es como si el nuevo paradigma cambiara el mundo que había sido descrito por la ciencia, para ver con nuevos ojos los problemas del conocimiento a los que se refiere dicha ciencia²¹”.

Esta transición no está exenta de polémicas y controversias, pues el hecho de que un científico decida suscribir las ideas novedosas o aferrarse a las previas tiene que ver más con su percepción acerca de lo que considere mejores explicaciones o predicciones más interesantes que con un juicio meramente racional.

Autores como Quine y Duhem señalan que las evidencias, por sí solas, no siempre pueden determinar la verdad o validez de una teoría en detrimento de otra explicación alternativa que encaje igualmente bien con dicha evidencia. De ahí que Kuhn encuentre

²⁰ *Ibidem*, p 259.

²¹ García, Eduardo y González, Juan Carlos, *Ciencia, tecnología y sociedad: una aproximación conceptual*, Madrid, OEI, 2001, p 19.

comportamientos comunes entre las revoluciones científicas y los movimientos artísticos, donde el paso de una escuela a otra representa cambios en los cánones del gusto, pero no necesariamente pasos en la dirección prevista por el progreso.

Método a la carta

Si se asume la existencia de interacciones entre la ciencia y la sociedad a nivel colectivo, habría que examinar también cómo se presentan a nivel individual. Especialmente cuando el investigador se enfrenta al objeto de estudio desde el relativo aislamiento que suponen los laboratorios y cubículos y entra en acción el método de la ciencia.

A continuación se presentan siete variables de carácter sociocultural –elegidas arbitrariamente entre las que suelen afectar de manera más significativa el quehacer de los científicos– y se explican brevemente sus principales características.

1 – La ortodoxia del momento (paradigmas).

De acuerdo con Karl R. Popper, “la ciencia no empieza con observaciones, sino con problemas²²”. Es decir, la observación está precedida por el juicio del investigador que ha decidido concentrar su atención en un fenómeno para el cual no existen modelos lógicos que expliquen su comportamiento, pues si los hubiese, dicho fenómeno sería considerado como un ejemplo típico de tal o cual teoría.

En muchos casos, los científicos deciden especializarse en un área determinada porque asumen que todavía quedan bastantes cuestiones por resolver. Y también sucede lo contrario cuando deciden apartarse de un campo del conocimiento si creen que la mayoría de los problemas vinculados a su objeto de estudio ya se han solucionado o lo harán pronto. Pero se trata de proyecciones basadas en las expectativas de evolución de la ciencia normal.

2 – La base tecnológica disponible.

El filósofo político Langdon Winner señaló que el impacto social de la tecnología es tan grande, que ésta termina creando nuevos mundos en donde el estilo de vida en las etapas previas a la aparición de tal o cual artefacto resulta casi inconcebible. La actividad de los

²² Pérez Tamayo, *op. cit.*, p 222.

científicos no es ajena a este patrón, pues su capacidad para detectar problemas está íntimamente ligada al potencial de las herramientas existentes.

Dado que la tecnología permite extender los límites de la percepción humana, es común que su desarrollo detone nuevas líneas de investigación y, consecuentemente, modelos lógicos más precisos, contribuyendo así al reemplazo de un paradigma por otro. Aunque también –y de ello hablaré más adelante- existen preguntas científicas que sólo pudieron haberse formulado en contextos donde no existían ciertos artefactos.

3 – El error humano.

Debido a que la ciencia es –al menos en el imaginario popular- una fuente de autoridad y legitimación, lo que se espera de ella son certezas y no equivocaciones. Sin embargo, “el ‘error’ humano está en el corazón mismo de la ciencia, porque ese corazón está hecho de actividad humana²³”.

Muchos errores son comparables a una puerta cerrada que obliga a detenerse y retroceder, o a una ventana que muestra una ruta por la cual no vale la pena transitar; pero otros les permiten al investigador encontrar escenarios no contemplados en su protocolo inicial.

4 – Flexibilidad interpretativa.

Este término se refiere al hecho de que diversos individuos o grupos sociales pueden identificar significados radicalmente diferentes en un mismo artefacto y su relación con la ciencia moderna es, al menos, tan antigua como el padre de la misma (aspecto sobre el cual profundizaré en capítulos posteriores).

5 – Capital cultural y ventajas competitivas.

Cuando un científico realiza su trabajo, está poniendo en juego las capacidades que ha podido cultivar a lo largo de su vida y cuya adquisición se explica por la convergencia entre componentes genéticos y sociales que involucran, tanto al esfuerzo individual como diversas condiciones y procesos colectivos.

²³ Collins y Pinch, *op. cit.* p 164.

Entre los recursos que pueden ayudar o dificultar el acceso a las riquezas sociales (materiales e intelectuales) destaca uno relativo a la manera en que ciertos procesos de socialización le permiten a una persona modificar sus esquemas de pensamiento: el capital cultural.

6 – Capital social y relaciones de poder.

A los investigadores también les interesa acrecentar su capital social, el cual tiene que ver con las redes de relaciones, la capacidad para influir en otras personas e instituciones o el grado de confianza que inspiran sus declaraciones. Aquí entran en juego elementos que van desde el número de diplomas que se poseen hasta la posición política, social o económica de las personas conocidas.

El prestigio está sujeto a procesos de valoración colectiva que son distintos en el tiempo y en el espacio, pero siempre constituye una fuente de desigualdades, pues los investigadores con poco capital social tendrán más dificultades para financiar sus proyectos, no importando la relevancia de los mismos.

Ahora bien, dependiendo del tipo de redes que haya construido, un científico puede obtener prestigio favoreciendo los paradigmas suscritos por los sectores dominantes, o por el contrario, cuestionándolos y expresando “puntos de vista que se opongan a ciertos supuestos fundamentales de la ideología ortodoxa y que puedan utilizarse como palancas intelectuales para derrocar dicha ideología²⁴”.

7 – Búsqueda de crédito.

¿Por qué los científicos deciden abordar un objeto de estudio en lugar de otro, seleccionar un marco teórico determinado, apoyar sus afirmaciones en las palabras de un autor “clásico” y someter sus conclusiones a diversas verificaciones antes de hacerlas públicas?

No hay duda de que las preferencias personales y el rigor epistemológico figuran entre las motivaciones más importantes, pero éstas interactúan con procesos sociales vinculados a la manera en que cada investigador busca acrecentar su principal activo: la credibilidad.

²⁴ Feyerabend, *op. cit.*, p 181.

Tras haber dado seguimiento al trabajo cotidiano de un grupo de científicos en el Salk Institute for Biological Studies durante los años setenta del siglo pasado, Bruno Latour y Steve Woolgar²⁵ concluyeron que, incluso cuando están enfrascados en sus observaciones y experimentos, los científicos son conscientes de que los flancos más débiles de sus investigaciones podrían ser criticados por sus colegas.

Si los cuestionamientos son pocos o pueden ser refutados de manera satisfactoria, la legitimidad de los resultados crecerá, lo cual, a su vez, contribuirá a aumentar el crédito del personaje cuya firma aparece en el artículo correspondiente.

Huelga decir que el crédito no sólo tiene efectos sociales, sino también económicos, toda vez que quien ha obtenido varios premios y reconocimientos –distinciones, diría el francés Pierre Bourdieu²⁶ - puede ganar más dinero que un desconocido por cada libro publicado o por cada conferencia impartida.

Y es que también de pan vive el hombre. Por eso cabe la posibilidad de que los investigadores más familiarizados con los usos y costumbres de las instituciones (públicas o privadas) en donde laboran hayan aprendido a sacar provecho de ellos²⁷, involucrándose en proyectos que les permitan redactar varios informes simultáneos en lugar de uno sólo, agregando objetivos adicionales que justifiquen una prórroga en la vigencia de sus contratos, o bien, dosificando la presentación de resultados para cumplir con una cuota administrativa²⁸.

²⁵ Para más información, véase Latour, Bruno y Woolgar, Steve, *La vida en el laboratorio*, España, Alianza, 1995, 326 pp.

²⁶ Al respecto, véase Bourdieu, Pierre, *La distinción*, México, Taurus, 2002, 591 pp.

²⁷ Después de todo, cualquier profesionista tiene el derecho de aprovechar los recursos culturalmente válidos en la sociedad a la cual pertenece con tal de maximizar los beneficios derivados de su trabajo. Y en el caso de México, el pleno ejercicio de ese derecho exige tomar en cuenta las simpáticas costumbres y formas de pensar que espeluznaron al misterioso autor de: *El pueblo que no quería crecer*, México, Océano, 1996, 133 pp.

²⁸ Algo hay de maquiavélico en la actitud de los científicos que subordinan el espíritu de su actividad a los tiempos de la burocracia. Pero tal vez ésa sea la mejor manera de lidiar con los igualmente tétricos mecanismos de apoyo institucional. Un ejemplo muy ilustrativo a este respecto, es el del Programa de Fomento a la Graduación de los alumnos de Posgrado de la UNAM (Fograd), creado en 2008 con el objetivo –según puede leerse en la convocatoria- de “otorgar apoyo económico a los egresados de maestría y doctorado que los impulse a la terminación de sus proyectos (tesis) para obtener el grado”. No se trata de un beneficio universal, por lo cual existe un proceso de selección que –curiosamente- no toma en cuenta el desempeño académico de los estudiantes, ni da prioridad a las investigaciones con mayor grado de avance.

En síntesis, la ciencia es un sistema de ideas relacionadas lógicamente por medio del cual es posible representar, explicar y predecir acontecimientos del mundo natural. Se considera objetiva y racional porque el conocimiento generado a través de ella es verificable y perfectible, aún cuando el modo en que se construye dicho conocimiento es producto de interacciones personales y grupales comparables a las existentes en cualquier otro campo del quehacer humano.

En líneas anteriores he expuesto algunas de las razones por las cuales pienso que la educación formal está lejos de ser el mejor camino para poner en contacto a la población con el espíritu de la ciencia²⁹. Y aunque no coincido con quienes sostienen que todas las personas deberían poseer una cultura científica (lo que sea que eso signifique), sí considero indispensable garantizarles la posibilidad de acceder a ella cuando así lo deseen³⁰.

Uno de los medios más eficaces para alcanzar tal propósito es la difusión de la historia, los métodos, los logros y los alcances de la ciencia en términos amenos y accesibles para cualquier sujeto. Esta motivación constituye el germen de un oficio que ha venido profesionalizándose durante las últimas décadas y cuyas variantes principales se apoyan en las técnicas de la divulgación y el periodismo.

Al contrario, **los apoyos económicos de Fograd se otorgan exclusivamente a quienes no cumplieron con el compromiso adquirido de presentar un borrador completo de su tesis al término del plazo establecido en los planes de estudios.** Entonces, el estudiante que conozca (gracias, tal vez, a su mayor capital social) la manera en que se aplican los lineamientos del programa, no necesitará tener una maestría en filosofía de la ciencia ni un doctorado en teoría de juegos para llegar a la perfectamente lógica, racional y sensata conclusión de que: 1) Fograd es, en realidad, un estímulo a la no eficiencia terminal y 2) su solicitud tendrá más posibilidades de ser aceptada en la medida en que demore -¡vaya paradoja!- la entrega del borrador de su tesis (y, consecuentemente, la fecha en que obtendrá el grado de maestría o doctorado).

²⁹ Pero muy probablemente sí sea la opción más recomendable para instruirlos en las técnicas que utilizan los científicos y sin las cuales no podría existir la ciencia como la concebimos actualmente: manejar un microscopio, resolver operaciones matemáticas, obtener y citar información bibliográfica y redactar correctamente.

³⁰ Esto significa que conocer los fundamentos y alcances de la ciencia es más un derecho que una obligación.

1.2 DIVULGAR LA CONSTRUCCIÓN DE LA CIENCIA

Científicos y comunicadores

Sobre el sentido de poner el conocimiento científico al alcance del gran público existen dos vertientes principales: la necesidad (que apunta hacia la ignorancia de cuestiones científicas como un factor de exclusión en el debate acerca de los efectos que la ciencia tiene en nuestra vida) y el placer (que se refiere a la posibilidad de disfrutar la ciencia en términos comparables al goce estético que provoca una obra de arte).

Son también dos los gremios profesionales llamados de modo más directo a ejercer este oficio: los científicos y los periodistas. “Unos y otros deben establecer relaciones personales y ayudarse mutuamente en este difícil y complejo cometido de poner al servicio de la mayoría el patrimonio científico de la minoría³¹”.

Desafortunadamente, este tipo de colaboración no siempre se produce y de ello dan cuenta estudios como el realizado por Rick Chappel y Jim Hartz³², quienes tras haber entrevistado a más de 1,400 investigadores y periodistas, identificaron las razones por las cuales ambos grupos parecieran vivir en realidades incompatibles y que pueden resumirse en dos palabras: desconfianza mutua.

Pero el análisis de los datos obtenidos también arrojó la existencia de algunos rasgos profesionales y personales que les son comunes:

- Ejercen cotidianamente la autocrítica, el escepticismo y la observación aguda de lo inconsistente.
- Su formación suele ser superior al promedio, lo mismo que su ego.
- Practican la libertad de pensamiento.
- Deben conformarse con verdades parciales, delimitadas por los parámetros de la investigación (científicos), o por la fecha de cierre de edición (periodistas).

Un elemento que constituye, al mismo tiempo, punto de convergencia y causa de conflicto es el correcto uso del lenguaje, pues, aún cuando los profesionales de ambos campos se

³¹ Calvo, Manuel, *Civilización, tecnología e información*, España, Mitre, 1982, p 134.

³² En Hartz, Jim y Chappell, Rick, *Mundos separados*, México, UNAM – DGDC, 2001, 308 pp.

reconocen muy puntillosos al respecto, no comparten una misma concepción sobre la ortodoxia lingüística.

Así, “los investigadores se enojan y alarman ante el modo con el que los periodistas suelen obviar o minimizar el uso preciso y cuidadoso del lenguaje que el investigador emplea para comunicar la naturaleza tentativa de su investigación³³”. Y estos se quejan de la dependencia que tienen aquellos de la jerga técnica, pues “pareciera que todo el aparato científico hubiera olvidado inadvertidamente, en algún momento entre la preparatoria y el doctorado, el uso normal del idioma³⁴”.

Es oportuno mencionar que el periodismo y la divulgación de la ciencia no son sinónimos, sino distintas modalidades de una actividad cuya intención fundamental es que “el común de la gente conozca y comprenda los conocimientos científicos y tecnológicos³⁵”.

Sobre las características de la segunda se abundará en las próximas páginas. Respecto al primero, baste señalar algunos de sus rasgos específicos

- Su práctica tiene lugar en el marco de los medios de comunicación.
- La cobertura de los temas está íntimamente ligada al concepto de noticia.
- René Anaya y Manuel Calvo Hernando, entre otros, le atribuyen tres fines:
 - 1) Dar cuenta, en términos comprensibles por el público, de los avances científicos y tecnológicos.
 - 2) Proporcionar el contexto político, social y cultural de esos nuevos conocimientos, su significado y posibles repercusiones.
 - 3) Contribuir a despertar la conciencia crítica de la población para que las decisiones políticas se tomen teniendo en cuenta el impacto de los avances científicos y tecnológicos en la vida cotidiana.

³³ Hartz y Chappell *op. cit.*, p 43.

³⁴ *Ibidem*, p 45.

³⁵ Anaya, René en “La función democrática del periodismo científico”, *Antología de la divulgación de la ciencia en México*, México, Dirección General de Divulgación de la Ciencia – UNAM, 2002, p 14.

Sobre la divulgación de la ciencia

Con respecto a la divulgación, existen tantas concepciones y formas de ejercer este oficio como divulgadores hay en el mundo. Muchos privilegian la precisión de los conceptos, incluso si con ello se pierde claridad en el lenguaje; otros, en cambio, la definen en oposición a la educación no formal; y algunos más se refieren a ella como la convergencia entre el quehacer científico y la literatura.

Maurice Goldsmith visualiza al divulgador de la ciencia como un crítico que se distingue del reportero porque su función consiste en ayudar a los que no son científicos a disfrutar “lo poético de la experiencia científica³⁶”. Y Arthur C. Clarke agregaría que ese crítico debe ser capaz de amalgamar un “conocimiento científico profundo con una imaginación verdaderamente flexible³⁷”.

En este mismo sentido, Manuel Calvo Hernando explica que el acto de divulgar pone a prueba la capacidad del emisor para utilizar eficazmente los esquemas conceptuales y verbales del público a quien se dirige.

Por su parte, Enrique Gánem considera que un buen divulgador no necesariamente debe haber cursado una carrera científica o dedicarse a la investigación. No sólo porque las habilidades y disciplina necesarias para hacer un descubrimiento son distintas de las que hacen falta para darlo a conocer, sino también porque la evaluación más importante de su trabajo no proviene de sus pares, sino del público³⁸.

Gánem no recomienda profesionalizar esta actividad a través de los estudios universitarios, “pues no existe forma de garantizar un nivel mínimo de calidad en el trabajo de divulgación si el estudiante se somete a una disciplina académica³⁹”. Pero sí establece un perfil deseable en los divulgadores al concebirlos como lectores voraces y eclécticos que, además de tener

³⁶ Sánchez Mora, Ana María, *La divulgación de la ciencia como literatura*, México, UNAM – DGDC, 2000, p 49.

³⁷ Citado en *Ibidem*, p 50.

³⁸ Dentro de ciertos límites, pues el autor reconoce la existencia de criterios de evaluación que no dependen de la audiencia o los lectores, sino de los pares e investigadores: la claridad de las explicaciones y su consistencia con los paradigmas científicos vigentes.

³⁹ Gánem, Enrique en “Cuatro ofertas”, *Antología de la divulgación de la ciencia en México*, México, Dirección General de Divulgación de la Ciencia – UNAM, 2002, p 177.

una cultura muy amplia, también posean sentido del humor y lo aprovechen para desvanecer el halo de formalidad que suele rodear a ciertos temas.

Claro que poner en práctica todas las habilidades mencionadas requiere una buena dosis de entusiasmo. Por ello, Martín Bonfil reivindica el derecho de los divulgadores a abordar temas que les atraigan y alejarse de cuestiones ajenas a sus intereses y motivaciones, independientemente de que constituyan noticia o no. Después de todo, “un divulgador que comparte algo por obligación se está traicionando a sí mismo y a la esencia de su actividad. Habiendo tantos temas interesantes, ¿por qué hablar de uno con el que no podemos comprometernos por completo, del que no estamos enamorados?”⁴⁰

Al referirse a la divulgación de la ciencia como educación informal, Julieta Fierro⁴¹ destaca los pros y los contras de esta característica: “tiene la ventaja de que está ahí cuando la necesitamos, pero carece de cosas que tiene la educación formal”. La existencia de evaluaciones y programas de estudio por cumplir, hacen conscientes a los estudiantes de los saberes que ignoran cuando finalizan un ciclo escolar; la divulgación, en cambio, puede crear la sensación de que “ya entendimos un tema a cabalidad y puede no ser el caso”.

Estas diferencias no han impedido que Héctor Domínguez⁴² haya aprovechado su experiencia en el ámbito de la docencia para poder “desagregar un concepto científico en ejemplos y contraejemplos que permitan que el público en general los pueda entender”. Coincide con Gánem y Bonfil en lo relativo a las habilidades básicas deseables en un buen divulgador, pero considera que “tiene que ser una persona formada en una carrera científica, tiene que tener esa formación y esa mentalidad, lo cual le permite manejar con cierta soltura lo que es la ciencia”.

Ahora bien, el problema con el que los autores citados (junto con muchos otros cuyos nombres no aparecen en estas páginas) han tenido que lidiar es que el discurso de la divulgación debe recrear los conceptos y teorías de la ciencia prescindiendo de los diversos

⁴⁰ Bonfil, Martín, en “Los derechos del divulgador”, *Antología de la divulgación de la ciencia en México*, México, Dirección General de Divulgación de la Ciencia – UNAM, 2002, p 39.

⁴¹ A menos que se indique lo contrario, las declaraciones de Julieta Fierro corresponden a una entrevista realizada durante el otoño de 2008 en Ciudad Universitaria.

⁴² A menos que se indique lo contrario, las declaraciones de Héctor Domínguez corresponden a una entrevista realizada durante el otoño de 2008 en Ciudad Universitaria.

tipos de lenguaje –como el matemático- y las herramientas teórico-metodológicas que les dan sentido.

A cambio de sus limitantes, el lenguaje natural tiene diversos recursos cuyo uso constituye una ventaja competitiva frente a la frialdad de los reportes académicos, ya que permite capturar y mantener la atención de los lectores. Algunos de los que, a juicio de Ana María Sánchez, están presentes en los mejores textos de divulgación son:

- Apoyo en la historia y la tradición.
- Uso de ironía y humor.
- Entrelazamiento de arte y ciencia.
- Uso de analogías y metáforas.
- Recurso a lo cotidiano.
- Un lugar para la metafísica y la religión.
- Referencias a la cultura popular.
- Reconocimiento de los errores humanos.
- Desacralización de la ciencia.

Un uso poco prudente de estas herramientas lingüísticas puede terminar desvirtuando la información que se desea presentar, por lo cual hay que recurrir a ellas teniendo en cuenta que no se busca representar personajes, ambientes o sentimientos de tipo fantástico, sino conceptos científicos.

Ciencia, historia y literatura

“La ‘materia prima’ para el divulgador es el ‘estado del arte’ de cada disciplina y los resultados de la investigación científica y tecnológica en dicho campo⁴³”. Sin embargo –y esa es la propuesta teórica expresada en páginas anteriores- “la ciencia y la tecnología y quienes trabajan en ellas no flotan en el limbo, en los dominios de las torres de cristal, sino que se encuentran insertas en complejas estructuras sociales, económicas y políticas que

⁴³ Bourges, Héctor, en “Algunas reflexiones sobre la divulgación de la ciencia”, *Antología de la divulgación de la ciencia en México*, México, Dirección General de Divulgación de la Ciencia – UNAM, 2002, p 49.

determinan de modo general y en última instancia, el uso que se da al conocimiento y sus aportaciones⁴⁴”.

Pierre Duhem y George Stanton⁴⁵ señalan dos características de la historia de la ciencia que pueden ser aprovechadas por la divulgación: 1) a través de ella es posible mostrar la naturaleza del conocimiento científico y 2) puede contribuir a reflejar las raíces humanistas de la ciencia.

Susana Biro considera que para entender mejor qué es la ciencia se requiere conocer y comprender su historia, la cual no es una sucesión de “genios desperdigados en el tiempo y el espacio⁴⁶”, sino el resultado de interacciones que incluyen la manera en que los científicos comunican sus ideas y las discuten, legitiman o descalifican.

Además, “situarse en el pasado de la ciencia nos permite rescatar elementos que no son tan evidentes cuando se reporta el último pequeño resultado de un vasto campo del conocimiento. En especial, ayuda a explicar el ‘cómo’ del quehacer científico, a ver la construcción de un concepto o teoría y no solamente el resultado⁴⁷”.

A estos argumentos podría sumársele el de Carl Sagan cuando afirma que “para el divulgador de la ciencia es un desafío supremo aclarar la historia actual y tortuosa de sus grandes descubrimientos y equivocaciones, y la testarudez ocasional de sus practicantes en su negativa a cambiar de camino⁴⁸”.

Dado que buena parte del conocimiento científico se genera gradualmente –de manera similar a lo que ocurriría con un rompecabezas cuyas piezas no están completas desde el primer momento, sino que van apareciendo poco a poco- algunos reporteros y divulgadores se aproximan a sus temas como si estuviesen creando una novela de misterio.

Uno de ellos es John Radder Platt, quien señala que: “no es del todo incorrecto considerar que cada historia científica es como una historia de detectives a su manera, con sus acertijos

⁴⁴ Bermúdez, Guillermo en “La dimensión social y humana de la divulgación”, *Antología de la divulgación de la ciencia en México*, México, Dirección General de Divulgación de la Ciencia – UNAM, 2002, p 22.

⁴⁵ Véase Krag, Helge, Introducción a la historia de la ciencia, España, Crítica, 2007, 289 pp

⁴⁶ Biro, Susana en “Historia de la ciencia para divulgadores”, *Antología de la divulgación de la ciencia en México*, México, Dirección General de Divulgación de la Ciencia – UNAM, 2002, p 35.

⁴⁷ *Ibidem*, p 35.

⁴⁸ Sagan, Carl, El mundo y sus demonios, España, Planeta, 2005, p 39.

y su suspenso, sus pistas falsas y sus escaramuzas, con sus brillantes Sherlock Holmes, sus no tan brillantes inspectores Lestrade, y sus admiradores doctores Watson⁴⁹”.

Al ser interrogada sobre la utilidad que la historia de la ciencia tiene para el divulgador, Julieta Fierro explica que puede ser una herramienta muy importante, ya que a los seres humanos nos gustan los cuentos y las historias: “no se sabe muy bien a qué se debe (pero) se cree que es una manera de hacernos de sistemas de valores, de entender culturas diferentes a las nuestras”.

Fierro identifica cuatro elementos que están presentes en casi todas las historias, incluyendo las de carácter no ficticio (que son las que pueden contarse a través de la divulgación): comida, amor, estatus y poder. A través de ellos es posible capturar la atención del público para ponerlo en contacto con la información que se busca dar a conocer.

Y es que, aún cuando podría pensarse que la objetiva frialdad de la ciencia se ubica en las antípodas de los (casi) siempre apasionados relatos literarios, ambas actividades comparten el hecho de ser intelectualmente creativas. En términos de Ven Euler y sus diagramas, se podrían visualizar como dos conjuntos mayoritariamente ajenos, pero que con una pequeña intersección, que es justamente la divulgación de la ciencia.

En síntesis, la divulgación de la ciencia es el conjunto de técnicas periodístico-literarias a través de las cuales se busca despertar el interés del público por la ciencia, sus descubrimientos y/o los métodos que condujeron a ellos, así como también por el quehacer de los científicos en tanto actores sociales. Se distingue del periodismo científico por no estar necesariamente ligada a la cobertura de eventos noticiosos y de la educación formal por su carácter de actividad voluntaria.

Una de las herramientas más importantes a las que puede recurrir el divulgador cuando desea abordar tópicos alusivos a la historia de la ciencia es el relato; sus características resultan especialmente útiles para seducir a los lectores y convencerlos de que los hechos narrados (y documentados) realmente sucedieron o están sucediendo.

⁴⁹ Citado en Sánchez Mora, *op. cit.*, p 48.

1.3 ¿QUÉ ES UN RELATO?

De acuerdo con Silvia Kohan⁵⁰, la creación de un relato no comienza cuando el autor escribe la primera frase de su texto, sino en el momento en que siente la necesidad de expresar un deseo, un sueño, una evocación o una idea íntima. Se trata de un proceso a través del cual esa inquietud inicial se convierte en palabras, mismas que luego cobrarán vida en la mente de los lectores.

De ahí que Alberto Paredes conciba al relato como un aparato al servicio de contar algo; como una organización verbal (discurso) que “erige un universo propio en el que el lector asiste a una serie de acontecimientos que suceden ahí, dentro de las palabras⁵¹” y que se interpretan como reales, independientemente de que tengan o no cabida en el mundo físico.

Esta percepción de realidad está directamente relacionada con la manera en que el autor despliega sus habilidades para hacer convincentes a los personajes y situaciones, pues “la *verosimilitud* de la narrativa consiste, precisamente, en un pacto establecido entre el autor y sus lectores: los sucesos relatados son *reales* (existen con plenitud) dentro del espacio erigido por el texto⁵²”.

Por su parte, Gerard Genette considera que el relato constituye el equivalente verbal de acontecimientos verbales y no verbales, ya que es el único modo que conoce la literatura en tanto representación, la cual puede ser de dos tipos. El primero tiene que ver con acciones o acontecimientos (narración) y el segundo alude a objetos o personajes (descripción).

Es decir, “la narración restituye, en la sucesión temporal de su discurso, la sucesión igualmente temporal de los acontecimientos, en tanto que la descripción debe modelar dentro de la sucesión, la representación de objetos simultáneos y yuxtapuestos en el espacio: el lenguaje narrativo se distinguiría así por una suerte de coincidencia temporal

⁵⁰ En Kohan, Silvia, *Cómo escribir relatos*, México, Plaza & Janés, 1999, 227 pp.

⁵¹ Paredes, Alberto, *Manual de técnicas narrativas*, México, Grijalbo, 1993, p 17.

⁵² *Ibidem*, p 17.

con su objeto, coincidencia de la que el lenguaje descriptivo estaría por el contrario irremediabilmente privado⁵³”.

Entre los relatos de uso más extendido destacan el cuento y la novela. En ellos se tiene a un protagonista (el centro de la historia) y uno o varios personajes secundarios (cuya presencia es requerida para que la historia del protagonista sea), pudiendo haber también personajes incidentales (de intervención esporádica).

Mientras los cuentos pretenden alcanzar un efecto principal o único al cual subordinan todos sus elementos, las novelas los distribuyen e interrelacionan en función de los diversos temas que pretenden abordar, aunque apegándose en todo momento a un eje temático-estructural. Esto explica por qué suelen ser más extensas y tienen personajes más complejos, ya que el mayor número de páginas permite profundizar en las distintas experiencias por las que atraviesan, además de abundar en toda clase de detalles y descripciones.

Las formas más complejas del relato literario contienen varias historias, las cuales pueden estar encadenadas (una después de otra), intercaladas (una o varias dentro de otra) o alternadas (se cuentan dos o más historias simultáneamente).

Pero estas interacciones no se producen de manera arbitraria, pues los acontecimientos de que se da cuenta están ligados por una relación de consecutividad (antes-después) o de carácter lógico (causa-efecto). Por ello, Helena Beristáin considera que la esencia del relato consiste en dar cuenta de una historia y manifestar los cambios experimentados a partir de una situación inicial.

Cabe mencionar que no siempre son los personajes quienes marcan el curso de los acontecimientos, ya que lo contrario también es posible: un hecho se convierte en tema principal y los personajes están ahí para suscitarlo.

¿Qué se cuenta en un relato?

⁵³ Genette, Gerard en “Fronteras del relato” en *Análisis estructural del relato*, México, Editorial Coyoacán, 2002, p 206.

Para responder a esta pregunta, conviene tener en cuenta la distinción que Boris Tomachevski y otros autores hacen entre historia y trama:

- Historia: es el “conjunto de acontecimientos vinculados entre sí que nos son comunicados a lo largo de la obra. La (historia) podría exponerse de una manera pragmática, siguiendo el orden natural, o sea el orden cronológico y causal de los acontecimientos, independientemente del modo en que han sido dispuestos e introducidos en la obra⁵⁴”.
- Trama: está constituida por los mismos acontecimientos de la historia, “pero respeta, en cambio, su orden de aparición en la obra y la secuencia de las informaciones que nos los presentan⁵⁵”.

Tzvetzan Todorov plantea esta misma diferenciación cuando afirma que la obra literaria ofrece dos aspectos, que son la historia y el discurso⁵⁶.

- Es historia porque evoca “una cierta realidad, acontecimientos que habrían sucedido, personajes que, desde ese punto de vista, se confunden con los de la vida real⁵⁷”. En este sentido, nos podría haber sido referida por otros medios, como una película o la tradición oral.
- Es discurso porque “existe un narrador que relata la historia y frente a él un lector que la recibe. A este nivel, no son los acontecimientos referidos los que cuentan, sino el modo en que el narrador nos los hace conocer⁵⁸”.

Ahora bien, la historia no corresponde a un orden cronológico ideal, pues normalmente contiene varios hilos que se entrelazan y acciones que ocurren de manera simultánea, de modo que si quisiéramos dar cuenta de las acciones justo en el momento en el que ocurren “deberíamos saltar en cada frase de un personaje a otro para decir lo que ese segundo personaje hacía ‘durante ese tiempo’⁵⁹”.

⁵⁴ Citado en Paredes, *op. cit.*, p 25.

⁵⁵ *Ibidem*, p 26.

⁵⁶ Los formalistas rusos hablan de fábula (historia) y tema (discurso).

⁵⁷ Todorov, Tzvetzan en “Las categorías del relato literario” en *Análisis estructural del relato*, México, Editorial Coyoacán, 2002, p 163.

⁵⁸ *Ibidem*, p 163.

⁵⁹ *Ibidem*, p 164.

Y es que “el tiempo del discurso es, en 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 obligadamente ponerlos uno tras otro. De ello deriva la necesidad de romper la sucesión ‘natural’ de los acontecimientos, incluso si el autor quisiera seguirla con la mayor fidelidad⁶⁰”.

Lo anterior explica por qué ninguna narración es rigurosamente sincrónica al acontecimiento que relata⁶¹. Y no tiene por qué serlo. Incluso hay quienes comienzan por el final y escriben desarrollando esa primera línea a lo largo de su texto. El éxito de este recurso dependerá de la manera en que el tono y el ritmo iniciales se vinculen con los finales.

¿Quién cuenta un relato?

Un factor común a las diversas formas narrativas es la existencia de lo que Roland Barthes llama dador y destinatario: “no puede haber relato sin narrador y sin oyente (o lector)⁶²”.

El narrador se erige como intermediario entre los acontecimientos y los receptores, estableciendo así un “presente” que corresponde al momento en el que se efectúa el acto de la narración, independientemente del tiempo verbal en que se presenten los acontecimientos. Todorov señala la importancia de su rol cuando afirma que “nos hace ver la acción por los ojos de tal o cual personaje; o bien, por sus propios ojos, sin que por eso le sea necesario aparecer en escena⁶³”.

Entonces, “el narrador es un personaje más, pero un personaje *sui generis* que se mueve en un plano distinto al de los demás protagonistas, y que puede permanecer implícito, al margen, como una fuerza externa que se aplica a estructurar el relato, o puede participar en

⁶⁰ *Ibidem*, 180.

⁶¹ Además, en el caso de la literatura escrita, el lector siempre tiene la posibilidad de volver al momento específico que desee.

⁶² Barthes, Roland en “Introducción al análisis estructural de los relatos” en *Análisis estructural del relato*, México, Editorial Coyoacán, 2002, p 25.

⁶³ Citado en Paredes, *op. cit.*, p 33.

alguna medida, mostrando o disfrazando su voz, o diferentes voces, dentro de su creación: el discurso narrativo⁶⁴”.

El narrador no sólo puede ser definido en virtud de sus atributos, sino también en términos de su diferenciación con el autor, su manera de contar la historia y la distancia que establece ante los personajes:

Narrador frente al autor.

Contrariamente a lo que el sentido común pudiera sugerir, el autor y el narrador no necesariamente son un mismo sujeto, aunque a través de éste se revelan las motivaciones y los conocimientos que posee aquél, incluyendo su saber del mundo, su dominio del tema alrededor del cual gira todo el relato y su manejo de las convenciones sociales y literarias (que puede seguir o transgredir). Con respecto a esta distinción, Barthes propone tres concepciones:

- 1) El relato es emitido por una persona que es el autor y que, por lo tanto, tiene un nombre; en él quedan plasmadas la personalidad y el arte del individuo que ha escrito la historia.
- 2) El narrador como una especie de conciencia impersonal que emite la historia desde un punto de vista superior.
- 3) El narrador que limita su relato a lo que pueden percibir o saber los personajes, cada uno de los cuales es, en cierto modo, el emisor del relato.

Narrador frente al discurso

El narrador relata los hechos de que da cuenta con base en un punto de vista dependiente de las relaciones que mantiene con lo que cuenta y con su lector. Aquí entran en juego los pronombres, que le permiten establecer distancias entre el narrador y su enunciado y que, de acuerdo con Genette, pueden ser:

- Narrador externo que no es propiamente un personaje de la historia.
- Narrador externo, que protagonizó la historia y la cuenta en términos retrospectivos.
- Narrador-personaje, que ofrece una narración en segundo grado.

⁶⁴ Beristáin, Helena, *Análisis estructural del relato literario*, México, UNAM, 1982, p 109.

- Narrador-héroe que protagoniza y va narrando su propia historia.

Narrador frente a los personajes.

Como ya se ha mencionado, a través del narrador no sólo nos enteramos de acciones, sino también de los discursos que pronuncian otros personajes. En este sentido, Todorov dice que el narrador puede adoptar cuatro formas para transcribir los discursos de los personajes:

- Modo directo: el discurso corresponde a citas directas del personaje.
- Modo indirecto: se expresa el mismo contenido, pero con palabras y estilo propios del narrador, que es quien elabora la construcción gramatical.
- Modo indirecto libre: el narrador utiliza sus palabras para referir las del personaje, pero conservando algunos rasgos y expresiones de aquél.
- Modo del discurso contado: se reporta el discurso del personaje, pero sin dar a conocer detalles específicos del acto de comunicación (lo que dijo).

Sin importar el tipo de mediador elegido, es recomendable que los autores tengan en cuenta las recomendaciones de Michael Ende relativas a “imaginarse con gran exactitud todo lo que se quiere contar y describir, representándolo tan exactamente como uno lo vea en la imaginación hasta en sus menores detalles⁶⁵”. Podrían –si así lo desearan- plasmarlos todos en sus relatos, pero la principal utilidad de este ejercicio es que gracias a él les será más fácil transmitir las características esenciales de aquello que el narrador quiera dar a conocer a los lectores.

En síntesis, el relato consiste en el discurso verosímil a través del cual un narrador pone a su lector u oyente en contacto con una serie de acontecimientos, reales o ficticios, que están interrelacionados de manera lógica y/o temporal y en los cuales dicho narrador puede o no estar directamente involucrado.

En las páginas siguientes, utilizo los conceptos y recursos definidos anteriormente para convertir en palabras aquella serie de inquietudes que motivaron la presente investigación; pero también algunas reflexiones que son fruto de los dos años que pasé desarrollándola.

⁶⁵ Citado en Kohan, *op. cit.*, p 21.

II – DEL GEOCENTRISMO AL HELIOCENTRISMO

Cuando el crepúsculo desciende, veo el color del cielo resplandeciendo en la orilla del agua. Un viento suave me da el tiempo para mirar el cielo...

Lynn Minmay⁶⁶

2.1 HACE MUCHO TIEMPO, EN EL CENTRO DEL UNIVERSO...

En el principio era el cielo

¿Cuándo fue la primera vez que un ser humano levantó la cabeza para observar el cielo?

¿Qué fue lo primero que vio?

Tal vez nunca lo sabremos. Lo que sí podemos hacer es tratar de inferir el proceso a través del cual nuestros antepasados empezaron a develar los misterios del firmamento.

Hubo una época en que los hombres estaban tan ocupados recogiendo frutos, persiguiendo algunos animales y huyendo de otros que, al final de cada jornada, lo único que querían era disfrutar su comida y descansar un poco. Estudiar a la naturaleza era un lujo que no podían darse; o, mejor dicho, un lujo que ni siquiera podían concebir.

Con el paso de los siglos, aquellas tribus nómadas aprendieron a producir fuego, a convertir semillas en alimento (mediante el cultivo) y a domesticar animales. Gracias a la creación de tales técnicas, las personas ya no tuvieron que vagar por el mundo en busca de su comida porque ahora podían tenerla disponible todo el tiempo en el mismo lugar.

Tal vez el primer momento glorioso de la astronomía tuvo lugar antes de que esta disciplina naciera formalmente. Y eso fue cuando “alguien” descubrió que los periodos de tiempo donde el entorno estaba iluminado y el clima era cálido, estaban relacionados con cierta gran bola de fuego (Sol) “cuya sola presencia en el firmamento infunde bienestar y seguridad y cuya ausencia, en cambio, provoca desconfianza y miedo⁶⁷”.

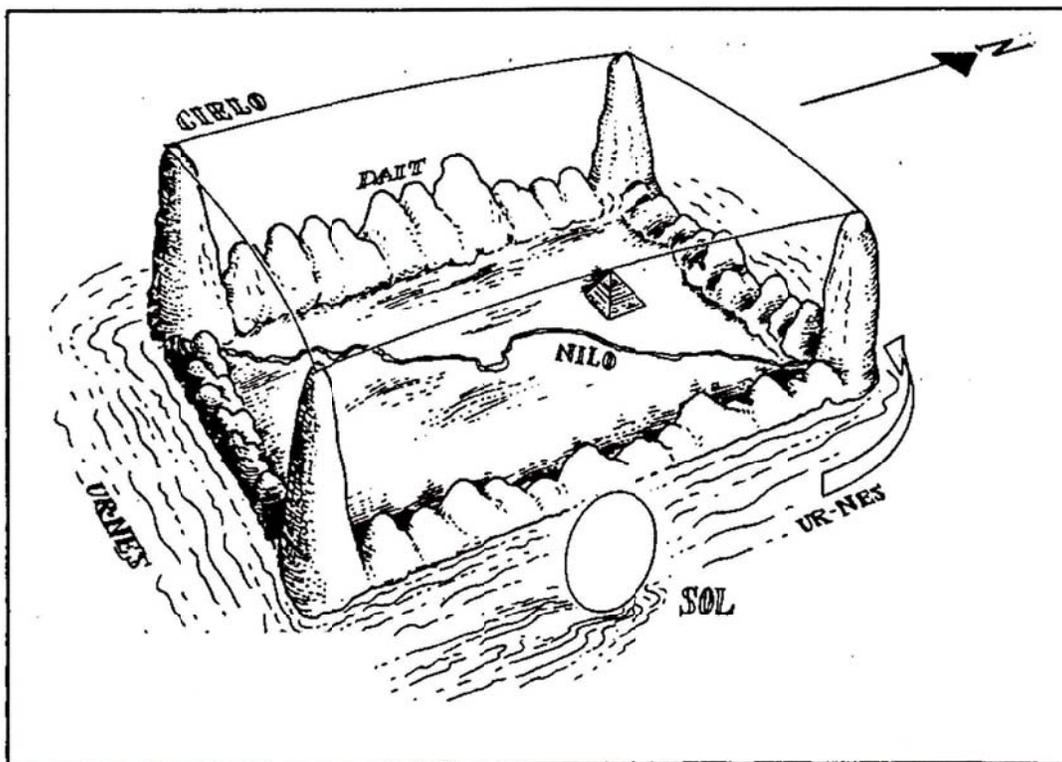
⁶⁶ Al interpretar la canción “Pintura de ángel” en la película *The Super Dimension Fortress Macross: Flashback 2012* (Shoji Kawamori, 1987)

⁶⁷ Fierro, Julieta y Herrera, Miguel Ángel, *La familia del Sol*, México, F.C.E., 2003, p. 17.

Cada cierto tiempo el Sol se ocultaba en algún punto del horizonte, dejando un vacío que era parcialmente llenado por una esfera luminosa más pequeña (la Luna). El brillo de este cuerpo era suficiente para evitar que el mundo quedara en tinieblas, pero no para opacar a otros miles de puntos luminosos que engalanaban el cielo nocturno. En medio de una inmensa mayoría que siempre se desplazaba ordenadamente hacia el oeste (estrellas), destacaban unos cuantos que parecían moverse caprichosamente (planetas).

La aparición de la escritura y los sistemas de numeración hizo posible registrar la existencia de todas esas luces y describir sus movimientos. El siguiente paso consistía en determinar qué forma tenía el cielo.

Muchos pueblos de la antigüedad intentaron resolver ese problema. En el antiguo Egipto, por ejemplo, concebían a la Tierra como una especie de plataforma rectangular totalmente rodeada por montañas, que flotaba sobre el río *Urnes*. Los picos ubicados sobre las cuatro esquinas eran más altos, pues tenían la función de sostener, como si de un techo se tratase, al cielo y a las estrellas que pendían de él.



El mundo según los antiguos egipcios

Por ingenuo que pueda parecernos, este modelo no sólo es fruto de una fértil imaginación, sino también del mundo físico real en donde vivían los egipcios: “un país semejante a una bandeja y limitado por el agua en la única dirección en que lo habían explorado; el cielo, de día o de noche semejaba una gran bóveda⁶⁸”.

Desde esa perspectiva, sería injusto culparlos por haber tratado de interpretar un aspecto desconocido de la naturaleza tomando como punto de partida aquellos otros que sí conocían. Porque eso es algo que hacen todos los seres humanos cuando se topan con un problema del que no saben gran cosa.

Los astrónomos de la Grecia clásica también intentaron determinar el funcionamiento y la forma del universo. Uno de ellos fue Pitágoras, quien introdujo el término *cosmos* para referirse a los cielos. “Fue el primero en sostener la esfericidad de la Tierra, aunque sus razones no eran ‘científicas’ sino de ‘belleza geométrica’⁶⁹”, como el hecho de que absolutamente todos los puntos en la superficie de estos redondos cuerpos están a la misma distancia de su centro.

La fascinación de los pitagóricos por las esferas, los cinco sólidos regulares⁷⁰ y las relaciones entre música y matemáticas quedaron plasmadas en su cosmovisión, con el Sol, la Luna y los demás planetas girando alrededor de 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 (...) que dependía de la relación entre sus respectivas órbitas⁷¹”.

Pasarían veinte centurias antes de que los aspectos melódicos de las tesis pitagóricas hicieran eco en un astrónomo de importancia. No así la parte relacionada con las esferas, que terminó convirtiéndose en el paradigma reinante de las cosmovisiones europeas.

Así, Aristóteles desarrolló un modelo que utilizaba 56 esferas transparentes para describir el desplazamiento del Sol, la Luna y los planetas en órbitas perfectamente circulares.

⁶⁸ Kuhn, Thomas, *La revolución copernicana*, España, Ariel, 1996, p 29.

⁶⁹ Fierro y Herrera, *op. cit.*, p. 42.

⁷⁰ De los cuales nos ocuparemos más adelante.

⁷¹ Koestler, Arthur, *The sleepwalkers*, Estados Unidos, Penguin, 1989, p 31.

Afuera de la esfera más externa –que era la de las estrellas- no había absolutamente nada, pero su interior contenía al universo entero.

La cosmovisión de este pensador no era producto exclusivo del razonamiento matemático, sino también de la evidencia experimental que había podido obtener mediante sus observaciones. Él sostenía que la Tierra era redonda porque la forma de la sombra proyectada sobre la Luna durante un eclipse corresponde justamente a la de una esfera.

De igual manera, los argumentos en que el griego sustentaba la idea de que nuestro mundo debería permanecer fijo en el centro del universo tampoco eran despreciables en términos de la intuición y la experiencia cotidiana:

Una piedra que cae desde una torre lo hace verticalmente, en vez de desviarse hacia el oeste, como hubiera sido de esperar si la Tierra girara de oeste a este⁷².

Otro razonamiento en favor de la inmovilidad de la Tierra tenía que ver con el hecho de que, si ésta rotara sobre su eje, el movimiento resultante sería tan violento que todos sus habitantes saldrían expulsados, como si de un volantín se tratase.

Pero esto no lo dijo Aristóteles, sino un astrónomo que vivió cinco siglos después y al cual sus contemporáneos llamaron “el divino”.

El astrónomo divino

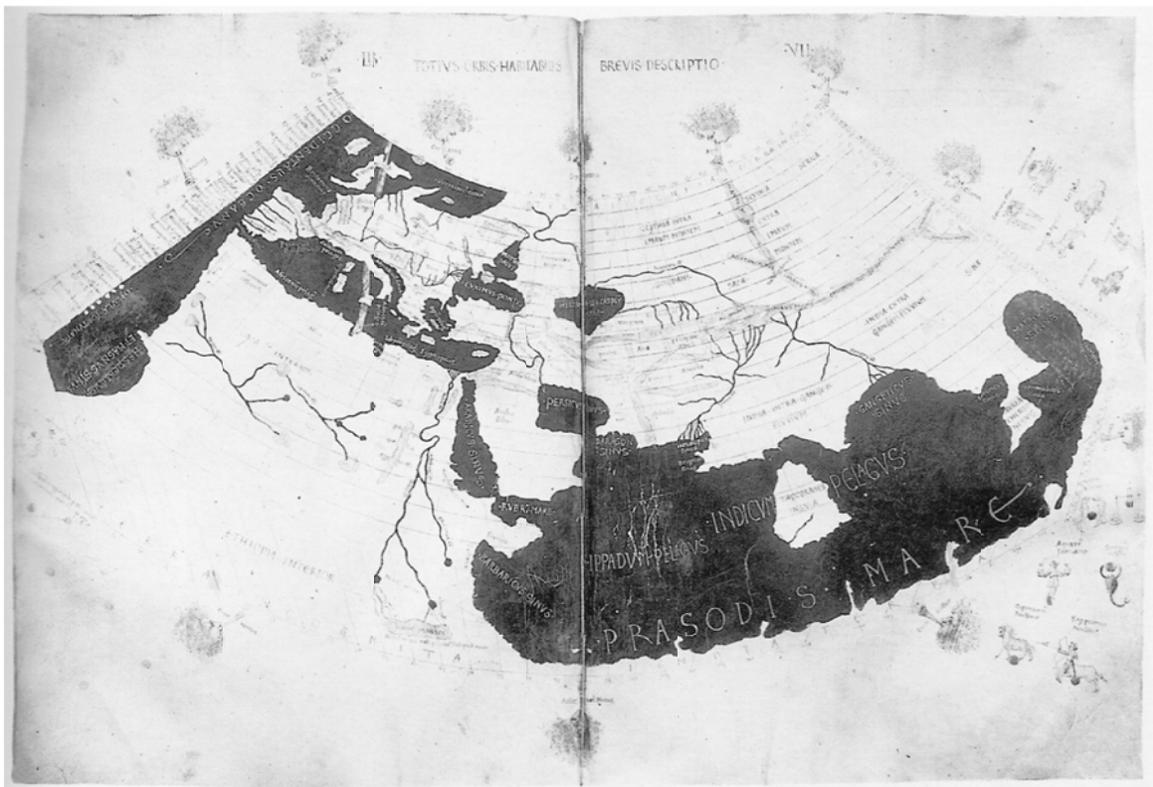
Definido por Thomas Kuhn como “el último gran astrónomo⁷³” de la antigüedad, Claudio Tolomeo vivió entre el 85 y el 165 de nuestra era, aunque se desconocen los años exactos de su nacimiento y muerte. Cuando alcanzó la adolescencia fue enviado por su padre a Alejandría, en virtud de sus habilidades geométricas y matemáticas.

Durante su estancia como pensionista de la célebre biblioteca asentada en la ciudad egipcia, conoció las quejas de algunos mercaderes sobre la imprecisión de los mapas hechos por los geógrafos de la época y el impacto negativo que eso provocaba en términos de caravanas perdidas y barcos hundidos.

⁷² Hawking, Stephen, *A hombros de gigantes*, España, Crítica, 2003, p 11.

⁷³ Kuhn, *op. cit.*, 1996, p. 143.

Tolomeo comprendió la necesidad de reformar a la geografía para mejorar la seguridad de las rutas comerciales y acortar el tiempo de los viajes. Aprovechó sus conocimientos sobre las propiedades de los triángulos esféricos para desarrollar una técnica que le permitiese ubicar en un plano los puntos de cualquier esfera. Al aplicar su sistema a la Tierra obtuvo “un nuevo planisferio, enteramente geometrizado (...) que cubría el conjunto de las tierras conocidas⁷⁴”, además de permitir localizar cualquier lugar utilizando apenas dos parámetros: longitud y latitud.

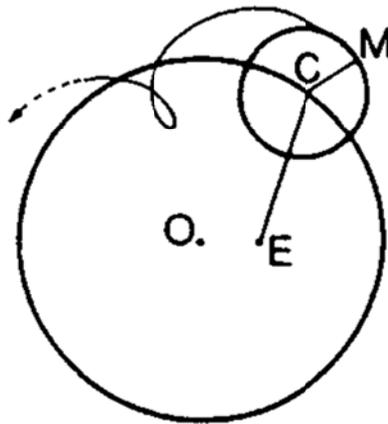


Planisferio del mundo conocido en la época de Tolomeo

El éxito comercial de su invención le permitió abandonar su situación de becario y dedicarse por completo a observar el firmamento. El catalogo con las posiciones de 1,028 estrellas (agrupadas en 48 constelaciones), la compilación y sistematización del saber astrológico (que en aquel entonces no solía diferenciarse del astronómico) y la construcción de un astrolabio diseñado por él mismo parecen confirmar los comentarios en el sentido de que el estudio del cosmos siempre fue la verdadera pasión de este personaje.

⁷⁴ Luminet, Jean-Pierre, *El incendio de Alejandría*, Barcelona, Ediciones B, 2003, p 194.

Pero el trabajo que constituyó su obra cumbre fue un libro llamado *Composición matemática*, en cuyas páginas “desarrolló nuevos modelos geométricos para predecir las posiciones de los cuerpos celestes (...utilizando...) sutiles combinaciones de movimientos circulares⁷⁵”. Y el modo en que lo hizo encierra una historia que merece ser escuchada por todos esos estudiantes que –tras varios años de tortura- salen de las secundarias sin saber para qué sirve la geometría.



Este esquema ejemplifica el uso de la geometría para explicar los movimientos en el cielo

Tolomeo agrupó círculos de diversos tamaños de manera similar a la que puede verse en la ilustración. En este caso, el cuerpo M (¿Marte?) se desplaza sobre un círculo cuyo centro (C), no permanece inmóvil, pues también está avanzando sobre una circunferencia más grande, la cual no tiene su centro en la Tierra (E), sino en un punto del espacio ubicado a su izquierda (O).

Así, valiéndose de la figura más predecible de todas, Tolomeo logró describir las aparentemente caprichosas trayectorias planetarias. Y pronto los trece tomos en donde planteaba sus teorías comenzaron a ser llamados *Megiste Sintaxis*, es decir, “el muy grande”⁷⁶.

Vista en retrospectiva, resulta obvio que la cosmovisión del astrónomo y matemático descansaba sobre el mismo error fundamental que las de Pitágoras y Aristóteles. Pero,

⁷⁵ *Ibidem*, p 195.
⁷⁶ Cuando los árabes conocieron el libro de Tolomeo lo llamaron *Al-Magisti*, que significa “muy grande”. Ese nombre pasó al Latín como *Almagesto*, título que ha conservado hasta nuestros días.

valorada como producto de su tiempo, representó un salto evolutivo en la comprensión del cosmos. Principalmente porque su potencial predictivo era lo bastante preciso como para confiar en ella.



Modelo geocéntrico del universo

Claro que también hubo factores de tipo extra científico por los que el paradigma tolemaico terminó convirtiéndose en una especie de verdad inmutable durante los siglos por venir y que, paradójicamente, tuvieron que ver con sus carencias. Cierta religión surgida en Israel lo abrazó casi de inmediato porque su diseño “dejaba espacio en el universo, más allá de las estrellas fijas, para acomodar un cielo y un infierno⁷⁷”.

⁷⁷ Hawking, *op. cit.*, p 12.

2.2 LA REVOLUCIÓN COPERNICANA

Amarás a Dios sobre todas las ciencias

No resulta exagerado –desde el punto de vista de la astronomía- afirmar que los trabajos de Tolomeo fueron como la estrella del atardecer que anticipa una larga noche. Casi a la misma velocidad con que la llama de la cultura grecolatina se extinguía, los seguidores de un tal Jesús de Nazaret extendían su influencia por todo el mundo mediterráneo hasta convertirse en la religión oficial del imperio romano.

Tras la caída de la ciudad eterna, la cristiandad puso sobre sus hombros el peso de levantar una nueva sociedad. “Definió su credo en dogmas, hizo de la duda un pecado y emprendió un conflicto y una guerra sin fin contra la inteligencia y las ideas cambiantes de los hombres (...); ofreció explicaciones sobrenaturales a hechos históricos y desalentó la búsqueda de las causas naturales⁷⁸”.

Las compilaciones del saber helénico quedaron confinadas en monasterios y cualquier cosa que no coincidiese con la Biblia debía ser rechazada. Incluso el Papa Silvestre II fue “injustamente acusado en un tiempo de colaboración con el diablo⁷⁹”. No deja de ser irónico que haya sido justamente este Pontífice el encargado de conducir y tranquilizar a sus fieles durante aquellas angustiosas horas que comprendieron el paso de la noche vieja de 999 al primer día del año 1000.

Con la llegada del segundo milenio –y particularmente a partir del siglo XII- renació en Europa el interés por estudiar al mundo. En diversos puntos del continente surgieron personajes cuyas obras constituyeron las primeras luces del alba que puso fin a la noche medieval y entre los cuales habría que destacar a Pedro Abelardo, Guillermo de Okham y Roger Bacon.

También se establecieron las primeras universidades en Paris, Oxford, Padua y Salamanca y en muchas de sus bibliotecas empezaron a aparecer traducciones al latín de pensadores olvidados o prohibidos en occidente, pero que habían sido conservados por los árabes y luego reintroducidos a través de la península ibérica.

⁷⁸ Antaki, Ikram, *Historia*, México, Joaquín Mortiz, 1998, (El banquete de Platón, segunda serie), p. 141.

⁷⁹ Bell, E. T., *Historia de las matemáticas*, México, F.C.E., 1985, p. 97.

“Este desarrollo preocupó a la iglesia que, desde lo alto del Medioevo, ejercía su monopolio en materia escolar; por ello creó el sistema *licentia docendi*: para abrir una escuela, aún privada, se necesitaba tener una ‘autorización para enseñar’ otorgada en cada diócesis por la autoridad episcopal. Este sistema se impuso, ayudado por el hecho de que la mayoría de los maestros eran clérigos⁸⁰”.

Los historiadores reconocen a 1453 como el año en que terminó la edad media y comenzó el renacimiento. Para ese momento ya estaban plantadas las semillas de esa cosa que actualmente llamamos ciencia, pero sus métodos aún no se institucionalizaban y su espíritu tampoco había permeado al grueso de la sociedad europea. Una anécdota muy ilustrativa sobre el pensamiento predominante de la época señala que “los monjes de Troyes excomulgaron oficialmente a los gusanos que acababan con las cosechas⁸¹”, siempre y cuando los propietarios de las parcelas no se hubiesen atrasado en el pago de su diezmo.

Fue en ese contexto donde nació un polaco a quien se le considera el fundador de la astronomía moderna.

Nicolás Copérnico (1473-1543)

Nicolás Copérnico perteneció a ese “pequeño grupo de europeos que dieron nueva vida a toda la tradición helenística de la astronomía matemática y técnica que, en la antigüedad había alcanzado su punto más alto con Tolomeo⁸²”. Nació en la localidad de Torún, en el seno de una familia que reconocía la importancia de la educación, por lo que, al cumplir 19 años, se matriculó en la Universidad de Cracovia.

Cuatro años más tarde viajó a Bolonia, aunque permaneció bajo la tutela del príncipe obispo Lucas Watzelrode, que era su tío. Ahí se formó bajo el modelo renacentista de educación universal: estudió medicina y derecho canónico, amplió sus conocimientos sobre matemáticas y astronomía, aprendió griego para poder leer los textos originales de los antiguos astrónomos y desarrolló aptitudes como pintor y poeta. También tuvo la oportunidad de conocer a profesores críticos de la cosmovisión tolemaica.

⁸⁰ Antaki, Ikram, *Grandes temas*, México, Joaquín Mortiz, 1998, (El banquete de Platón, segunda serie), p 106.

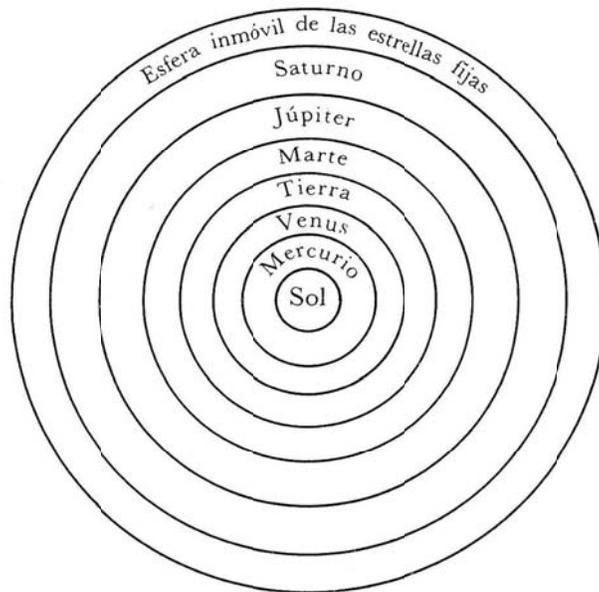
⁸¹ Antaki, Ikram, *Ciencia*, México, Joaquín Mortiz, 1998, (El banquete de Platón, segunda serie), p. 63.

⁸² Kuhn, *op. cit.*, 1996, p 187.

Luego de obtener su doctorado volvió a su tierra natal para trabajar como médico y asesor del obispo Lucas en cuestiones de gobierno; incluso reformó el sistema monetario polaco para que no se acuñaran nuevas monedas sin el debido respaldo en metales preciosos. Pero cuando la muerte sorprendió a quien había sido su mentor se fue a vivir a Frauensburg, en donde construyó su propia torre de observación para poder estudiar a los cuerpos celestes.

Vale la pena señalar que la intención original de Nicolás nunca fue demostrar el error fundamental en el planteamiento de Tolomeo, sino únicamente elaborar un modelo más sencillo y preciso. De ahí que ambos compartieran algunas características, como los planetas esféricos o las órbitas circulares, y utilizaran varios de los mismos trucos geométricos para describir las trayectorias planetarias.

Sólo había una diferencia realmente significativa: esta nueva cosmovisión ponía al Sol en el centro del universo, con todos los planetas moviéndose a su alrededor. Incluyendo a la Tierra que, además, era la responsable de que hubiese día y noche al rotar sobre su propio eje.



Modelo heliocéntrico del cosmos

Hacia 1514, Copérnico hizo circular entre unos pocos amigos y colegas de confianza un documento llamado *Comentario sobre las teorías de los movimientos celestes a partir de sus disposiciones*, en el cual exponía sus tesis sobre el cosmos:

- El centro de la Tierra no es el centro del universo, solamente de la gravedad y de la órbita lunar.
- Todas las órbitas circundan alrededor del Sol, que yace en el centro de todo.
- El último cielo es permanente (estático) y lo que parece el movimiento del firmamento no se debe a él, sino a la rotación de la Tierra.

Trece años de espera

Al polaco no le entusiasmaba particularmente la idea de hacer público su modelo, pues le preocupaba que la iglesia lo tachara de hereje si lo presentaba como una descripción de la realidad. Aún así, continuó trabajando en las ideas de su *Comentario*, hasta convertirlas en una obra de seis volúmenes que llevaba por título *Sobre las revoluciones de las órbitas celestes*.

El trabajo estuvo listo en 1530. Los libros, en cambio, salieron de la imprenta hasta mayo de 1543. Esta demora tuvo que ver con los temores del polaco ante una posible reacción negativa del clero, aunque también con el hecho de que “era un perfeccionista y consideraba que sus observaciones debían ser verificadas una y otra vez⁸³”.

Pero el papa Clemente VII no desaprobaba sus trabajos y le llegó a solicitar formalmente que los publicara. Otro personaje que se lo pidió fue un joven astrónomo al que la historia recuerda como Rético. Este individuo tuvo el mérito de convencerlo y el honor de recibir la versión definitiva del manuscrito para llevársela a un impresor en Núremberg.

Copérnico tuvo en sus manos el primer ejemplar de *Sobre las revoluciones de las órbitas celestes*, pero no pudo leer ni una página, ya que su salud física y mental se había deteriorado a tal grado que la mitad de su cuerpo estaba paralizada.

En otras circunstancias, seguramente habría notado que su obra incluía un prólogo no autorizado. Y luego habría descubierto que el autor de aquellas líneas era Andreas Osiander, un teólogo luterano a quien el impresor había contactado para que le hiciera algunas modificaciones menores al escrito. No había ninguna que alterara la esencia de la

⁸³ Hawking, *op. cit.*, p 13.

tesis central, pero todas contribuyeron a diluir su impacto, porque presentaban los contenidos como si se trataran de una mera hipótesis.

¿Y por qué se considera tan revolucionario a *Sobre las revoluciones de las órbitas celestes*?

No por la originalidad de sus afirmaciones, sino por la forma en que las sustentaba. Y es que, “a pesar de que el movimiento de la Tierra jamás había llegado a ser un concepto demasiado extendido, no puede afirmarse que en pleno siglo XVI careciera de precedentes. Lo que sí carecía de precedentes era el sistema matemático elaborado por Copérnico y basado en el movimiento terrestre⁸⁴”.

En todo caso, una buena manera de responder a esa pregunta es destacando algunas de las ideas plasmadas en el primer tomo:

- 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.
- La Tierra es esférica, ya que por cualquier parte se apoya en su centro. La presencia de montes y valles impide que se trate de una esfera perfecta, pero no modifica sensiblemente su redondez.
- Por tratarse de esferas, el movimiento de los cuerpos celestes (incluyendo a la Tierra) es regular y está compuesto por movimientos circulares.
- Todas las cosas que están sobre la Tierra tienden hacia su centro. Pero no llegan a él porque la superficie (suelo) se los impide cuando chocan contra ella. Cuando algo cae, la trayectoria que describe forma un ángulo recto con relación a la superficie.

Lo expresado en el último punto refutaba los argumentos dados por Aristóteles (los objetos en caída libre no se desvían) y Tolomeo (saldríamos disparados al infinito) a favor del geocentrismo. La consecuencia física más importante de que el aire, las nubes y todos los objetos que circundan a la Tierra se muevan junto con ella (siempre atraídas hacia el

⁸⁴ Kuhn, *op. cit.*, p 197.

centro) es que las piedras no se desviarán al ser arrojadas desde una torre y las personas tampoco saldrán despedidas violentamente a causa de la rotación.

El modelo también tuvo éxito al establecer correctamente el orden de los planetas conocidos. Pero no todo fue miel sobre hojuelas, ya que “la pretendida ‘simplificación’ del sistema tolemaico no era tal: Copérnico necesitaba 48 esferas para explicar los movimientos de los planetas ¡contra sólo 40 del modelo tolemaico en boga!⁸⁵”

Hay quien piensa que si el astrónomo polaco hubiera expuesto su cosmovisión en términos comparables a los actuales textos de divulgación científica, “quizá la acogida de la misma hubiera sido muy diferente. Por ejemplo, de tratarse de una obra más inteligible no hubiera tardado tanto tiempo en organizarse un movimiento de oposición en su contra⁸⁶”.

Es verdad que los detractores no tardaron en aparecer. Y también es cierto que *Sobre las revoluciones de las órbitas celestes* terminó siendo incluido en una lista de libros no permitidos.

Pero antes de que esa lista fuese creada siquiera, hubo un fraile alemán que la descalificó por completo y se refirió a su autor como un “astrólogo advenedizo (...) estúpido (que) quiere trastocar toda la ciencia astronómica⁸⁷”.

⁸⁵ Fierro y Herrera, *op. cit.*, p 64.

⁸⁶ Kuhn, *op. cit.*, 1996, p 185.

⁸⁷ Sagan, *op. cit.*, 2001, p 53.

2.3 LA REFORMA LUTERANA

¿Quién era Martín Lutero?

Al término de la edad media, el actual territorio de Alemania estaba integrado por pueblos que compartían costumbres y valores, además de tener dialectos comunes, pero no estaban agrupados en un estado nación, como sucedía con Francia o Inglaterra.

“Había un emperador, que no era más que un nombre, y un imperio que no era más que un marco⁸⁸”, pues el poder real recaía sobre numerosos príncipes y obispos que no estaban dispuestos a unificarse en la medida en que eso implicara construir un gobierno central fuerte al cual tuviesen que rendirle cuentas.

Las viejas aldeas medievales se transformaban en ciudades y empezó a adquirir importancia una nueva clase social que estaba teniendo éxito en los negocios y generando, con su propio esfuerzo, montos de riqueza comparables a los que los señores feudales heredaban de sus padres y los clérigos obtenían a través del diezmo.

En nuestro democrático y (neo)liberal siglo XXI tenemos buenas razones para suponer que los burgueses se han convertido en una mala copia de la nobleza. Pero en aquella época, estos individuos fueron la encarnación de eso que actualmente llamamos movilidad social, cuestionaron algunos fundamentos del sistema socioeconómico en donde habían nacido (incluyendo los controles de precios y la prohibición de pagar o recibir intereses por un préstamo) y desempeñaron un papel fundamental en la transición del feudalismo al capitalismo.

Fue en el seno de esa sociedad donde el minero Hans Lutero y su esposa Margarethe tuvieron un hijo al que bautizaron bajo el rito católico con el nombre de Martín⁸⁹, sin imaginar en ese momento el impacto que la obra de su retoño iba a tener en la historia de la cristiandad occidental.

Al cumplir 19 años, este joven ingresó al convento de los agustinos ermitaños. Como a todos los novicios, le fue entregado un ejemplar de la Biblia, libro con el que se fue

⁸⁸ Febvre, Lucien, *Martín Lutero un destino*, México, FCE, 1956, p 96.

⁸⁹ Martín Lutero (Eisleben 1483-1546).

familiarizando hasta llegarlo a conocer profundamente. Durante los años que pasó ahí, se hizo sacerdote y comenzó a obsesionarse con una cosa que él se consideraba indigno de merecer: su salvación.

Y no es que Lutero fuese una mala persona. Cumplía con todos los lineamientos de su orden, practicaba ayunos y llevaba a cabo buenas obras. Él había aprendido que esas acciones le agradaban al creador, pero sus propios razonamientos lo hicieron pensar que la justicia humana estaba viciada por el pecado original, que privaba de toda rectitud a las facultades. Entonces, la salvación sólo podía provenir de...

*...sentir en nosotros, siempre, el mal activo y nuestra imperfección. Pero también, si tenemos fe, de llevar en nosotros a Dios. De su sola presencia nace la esperanza de ser justificado, de colocarse entre aquellos elegidos que, desde toda la eternidad predestina a la salvación, porque los ama lo suficiente para llamarlos a la vida eterna.*⁹⁰

En 1510, las obligaciones propias de su oficio lo llevaron a Roma, en donde pudo darse cuenta de que para muchos miembros del alto clero la obtención de bienes materiales era más importante que el ejercicio del sacerdocio. Años después asumiría públicamente una posición crítica frente a esas actitudes, pero en ese momento los pensamientos que ocupaban su mente tenían que ver más con la búsqueda del perdón divino que con la introducción de reformas a la iglesia.

Si la profunda corrupción en que había caído la mencionada institución hubiese sido el principal factor de la reforma luterana, Martín habría roto con ella de inmediato. Lo que hizo, sin embargo, fue continuar su formación teológica en Wittemberg, donde obtuvo su doctorado y se convirtió en profesor. Los alumnos que acudían a sus clases pudieron escuchar algunas de sus opiniones personales sobre los Salmos y la epístola a los romanos, que eran los cursos que impartía.

Sin embargo, las reflexiones del angustiado monje pronto trascendieron a las aulas y fueron puestas al alcance de cualquier individuo que supiera leer. Aunque esto es algo que tal vez nunca habría sucedido si la iglesia católica no hubiese tenido tanta urgencia por construir una nueva Basílica de San Pedro.

⁹⁰ Febvre, *op. cit.*, p 61.

Indulgencias premium

Para edificar su nueva y suntuosa sede, la iglesia necesitaba allegarse tantos recursos como fuese posible. Ésa fue la principal razón por la que el Papa León X promulgó la bula *Taxa camarae*, mediante la cual se buscaba obtener ingresos adicionales a cambio de otorgar indulgencias a los fieles y se delegaba en los obispos la responsabilidad de difundir y aplicar la buena nueva en sus respectivas zonas de influencia.

El encargado de llevar a la práctica los lineamientos de *Taxa camarae* en el territorio germano era un hombre con tres obispados a su cargo llamado Alberto de Brandemburgo⁹¹. Claro que él no lo hizo directamente, sino apoyándose en subordinados como el fraile dominico Johann Tetzel. Este sujeto solía ofrecer la “remisión plenaria de todos sus pecados a aquellos que, contritos de corazón, confesados de boca, habiendo visitado siete iglesias y recitado cinco padres nuestros y cinco avemarías, dieran a la caja de las indulgencias una ofrenda, cotizada, según el rango social y la fortuna⁹²”.

Las almas caídas en el purgatorio también podían beneficiarse de la oferta, siempre y cuando alguna de las que todavía poblaban el mundo de los vivos desembolsara en su favor la cantidad estipulada.

Martín Lutero no escuchó directamente las prédicas de Tetzel, pero sí supo de ellas por testimonios de terceros. Fue entonces cuando decidió hacer públicos una serie de comentarios críticos en un manifiesto titulado *95 tesis sobre el valor y la eficiencia de las indulgencias*. El 31 de octubre de 1517 le envió una copia al triple obispo Alberto y –según cuenta la leyenda- clavó otra en el exterior de la iglesia de Wittemberg y convocó a que su contenido fuera discutido el día siguiente.

Aunque nadie se presentó el primero de noviembre para debatir esas ideas, no pasó mucho tiempo antes de que algunas reimpresiones y traducciones (el original había sido escrito en latín) circularan por Alemania y su autor adquiriera la suficiente notoriedad como para ser denunciado ante el tribunal de Roma.

⁹¹ Las diócesis que controlaba eran Maguncia, Halberstadt y Magdeburgo.

⁹² Febvre, *op. cit.*, p 83.

La iglesia contraataca

Contrariamente a lo que suele creerse, Lutero no dio a conocer sus *95 tesis* para romper con el catolicismo, sino con la simple intención de recordar “la enseñanza clásica de la iglesia en los primeros años, según la cual las indulgencias no tenían ningún poder redentor, ya que Dios era el único capaz de perdonar la culpa de los que demostraban un sincero arrepentimiento⁹³”.

Entonces, si la absolución sólo podía ser concedida por Dios y no por sus ministros, el hecho de cobrar por las indulgencias pasaba a ser una cuestión de forma y no de fondo, porque los obispos estaban ofreciendo un bien que no podían otorgar, ni gratis, ni por todo el oro del mundo⁹⁴.

Roma convocó a Martín en varias ocasiones para que se retractara y descalificara sus trabajos. La bula *Exsurge Domine* (1520) constituyó una especie de traje hecho a la medida, porque en ese documento el Sumo Pontífice “condenaba sus opiniones, entregaba al fuego sus obras y le dejaba un plazo de sesenta días para someterse⁹⁵”.

Pero el todavía sacerdote católico no estaba sólo, ya que para ese momento, sus argumentaciones en el sentido de que había excomuniones injustificadas, que “si un simple creyente estaba iluminado por el Espíritu, sabe más que todos los concilios⁹⁶” y que las personas tenían derecho a prescindir de la confesión le habían generado un fuerte apoyo en la zona de Wittemberg.

Al año siguiente llegó la excomunión y junto con ella la persecución. Fue necesario que un príncipe germano conocido como Federico el sabio, simulara el rapto de Martín y lo ocultara en su castillo para mantenerlo a salvo de sus enemigos.

Algunos de los gobernantes que habían abrazado las ideas luteranas se reunieron para “reglamentar las iniciativas, un poco desordenadas, de las propagandistas de la fe

⁹³ Balderas, Gonzalo, *La reforma y la contrarreforma*, Universidad Iberoamericana, 1996, p 134.

⁹⁴ No obstante, en una de las *95 tesis* podía leerse: “El Papa es demasiado cruel si, teniendo en efecto el poder de liberar a las almas del Purgatorio, no concede gratis a las almas que sufren lo que otorga por dinero a las almas privilegiadas”. La cita aparece en Febvre, *op. cit.*, p. 90.

⁹⁵ Febvre, *op. cit.*, p 146.

⁹⁶ Balderas, *op. cit.*, p 137.

evangélica⁹⁷ y eliminar la influencia de los obispos católicos en sus territorios. Entretanto, el Papa Paulo III nombraba una comisión que debía determinar las causas de los abusos en que había incurrido la iglesia católica y plantear alternativas de solución.

Ni el mismo Lutero podría haber llegado a conclusiones más contundentes que las plasmadas por esa comisión en el informe *Consilium de emendenda ecclesia*⁹⁸:

*...la causa de todos los males de la iglesia radica en los propios Papas que se han dejado gobernar por sus deseos (...y...) han llegado a creerse que son dueños absolutos de toda la iglesia, con derecho legítimo y exento de pecado a comprar y a vender sus cargos, nombramientos y beneficios*⁹⁹.

Desafortunadamente la receta no estaban a la altura del diagnóstico, pues entre los remedios sugeridos figuraban la censura a los debates libres en las universidades italianas y la prohibición de aquellos libros cuya lectura –a juicio de la iglesia, claro está- pudiese inducir a la impiedad.

Estas recomendaciones cobraron vida en la bula *Licet ab initio* (1542), donde Paulo III reformó el Tribunal del Santo Oficio y centralizó en Roma la lucha contra la herejía. Al frente de esta renovada inquisición quedó un sacerdote que respondía al nombre de Juan Pedro Carafa y que aprovechó el poder de su investidura para perseguir a los que habían adoptado las doctrinas protestantes, así como también a otras “muchísimas personas (...) cuyo único crimen solía ser, no la herejía, sino sus dudas razonadas acerca de la completa perfección de la iglesia y el papado¹⁰⁰”.

Pero la obra de Carafa no estuvo concluida hasta 1559, cuando ya se había convertido en el Papa Paulo IV, porque fue justamente en ese año cuando se inauguró una lista negra en la que pronto iba a aparecer el nombre de *Sobre las revoluciones de las órbitas celestes*, junto con los textos escritos por el par de magníficos cristianos que ocuparán las páginas de los próximos capítulos: el Índice de Libros Prohibidos.

⁹⁷ *Ibidem*, p 148.

⁹⁸ Que en latín significa *Consejos para la reforma de la iglesia* (1537).

⁹⁹ Balderas, *op. cit.*, p 269.

¹⁰⁰ *Ibidem*, p 148.

III – LAS ELIPSES SON ETERNAS:

VIDA Y OBRA DE JOHANNES KEPLER

Dios no le da a las personas dones que no quiere que usen.

*Coronel Charles Sinclair*¹⁰¹

3.1 JOHANNES KEPLER (1571-1630)

Un niño atormentado

Johannes Kepler puede ser visto como “el más impulsivo y espiritualmente errático aventurero de la revolución científica¹⁰²”. Fue un hombre profundamente religioso y tan obsesionado con las mediciones que llegó a calcular el momento preciso de su concepción (16 de mayo de 1571 a las 4:37 de la mañana) y la duración de su propia gestación (224 días, 9 horas y 53 minutos)¹⁰³.

Este personaje nació el 27 de diciembre de 1571 en la ciudad de Weil der Stadt, Alemania. Fue el primero de los siete hijos que tuvo el matrimonio conformado por Henrich y Katherine. Dos alcanzaron la edad adulta y lograron llevar una vida relativamente normal, pero los demás no fueron tan afortunados: tres chicos murieron, otro sufría ataques de epilepsia y el propio Johannes estuvo a punto de fallecer por causa de la viruela¹⁰⁴; el hecho de haber sobrevivido le hizo pensar que su vida tenía un propósito.

Bautizado bajo el rito católico, pero educado en el seno de una familia y una sociedad que ya habían abrazado por completo los valores del credo luterano, Johannes consideraba que “el orden del mundo era una sombra de la mente de Dios¹⁰⁵” y que su deber como cristiano consistía en tratar de comprenderlo.

¹⁰¹ En la película *Iron Eagle* (Sidney J. Furie, 1986).

¹⁰² Koestler, *op. cit.*, p 242.

¹⁰³ De acuerdo con datos del horóscopo personal redactado por él mismo.

¹⁰⁴ Enfermedad cuyas secuelas se sumaron a sus males congénitos, como miopía, doble visión y problemas estomacales.

¹⁰⁵ Connor, James, *Kepler's witch*, Estados Unidos, Harper San Francisco, 2004, p 41.

Los recuerdos de su infancia no son particularmente gratos¹⁰⁶. De su padre diría que fue “un hombre vicioso, inflexible, pendenciero y condenado a acabar mal¹⁰⁷”; a su madre la recordaba como “pequeña (...), charlatana y pendenciera, con una mala disposición¹⁰⁸”.

Lo que nosotros podríamos decir de ambos progenitores es que les habría importado muy poco la educación de su hijo, de no ser porque los duques de Wuerttemberg –recientemente convertidos al protestantismo- estaban poniendo en pie una serie de instituciones educativas, así como un sistema de becas destinados a la formación de sacerdotes e intelectuales luteranos que pudiesen competir con sus pares católicos: el talento estaba empezando a convertirse en un factor de movilidad social

El buen horóscopo de un mal profesor

“A pesar de una niñez llena de dolor y ansiedad, Kepler estaba obviamente dotado y se espabiló para conseguir una beca destinada a los chicos con recursos limitados¹⁰⁹”. Fue así como pudo completar su instrucción inicial en la escuela latina de Leonberg y, posteriormente, ingresar al seminario protestante de Maulbroon. Tal vez ahí conoció el precio de la ayuda gubernamental que estaba recibiendo porque realmente no se topó con una escuela, sino más bien con “una especie de campo de entrenamiento donde adiestraban mentes jóvenes en el uso del armamento teológico contra la fortaleza del catolicismo romano¹¹⁰”.

Durante los dos años que permaneció en dicho seminario, se fue convirtiendo en una persona solitaria e introvertida, cuyos pensamientos se centraban en el arrepentimiento de sus pecados y en su propia indignidad frente a los ojos de Dios. Algo habrán tenido que ver con esa conducta las constantes palizas que le daban sus compañeros, quienes lo consideraban intolerable y sabelotodo.

En 1587 se matriculó en la universidad de Tubinga con la intención de estudiar teología y filosofía, además de matemáticas y astronomía. Conoció a profesores que desempeñaron un

¹⁰⁶ Con excepción de un acontecimiento que se comentará más adelante.

¹⁰⁷ Marquina, José, “Hechos y dichos del profeta Johannes” en *Artefacto*, número 7, Escuela Lacaniana de Psicoanálisis, México, 2000, p 59.

¹⁰⁸ *Ibidem*, p 59.

¹⁰⁹ Hawking, *op. cit.*, p 556.

¹¹⁰ Sagan, *op. cit.*, 2001, p 53.

papel decisivo en su manera de concebir el mundo y entre los cuales destacó Michael Mästlin, quien lo introdujo secretamente en las teorías de Copérnico.

Guiado más por motivaciones místicas que por lo que hoy llamaríamos razones de interés científico, abrazó de inmediato la cosmovisión del clérigo polaco, pues la idea del Sol en el centro del universo con todos los planetas girando a su alrededor le pareció una metáfora de Dios y su creación.

Poco antes de graduarse decidió aceptar –previa autorización de los duques que habían financiado sus estudios- una plaza como profesor de matemáticas y astronomía en una escuela protestante de Graz (Austria). “Fue un brillante pensador y un lúcido escritor, pero un desastre como profesor¹¹¹”. A lo cual hubo que sumar el hecho de que no eran muchos los estudiantes interesados en aprender matemáticas, por lo que apenas un puñado se inscribió en su curso durante el primer año y ninguno en el segundo. Pero mantuvo su plaza impartiendo clases de historia, retórica y aritmética básica.

La otra mitad de las obligaciones propias de su puesto consistía en elaborar anuarios astrológicos. Kepler combinó sus observaciones de la bóveda celeste con un poco de sentido común y señaló que el año 1595 estaría marcado por un invierno terriblemente frío, una invasión de los turcos y una revuelta.

El hecho de que las tres predicciones contenidas en el calendario se cumplieran le permitió a su autor ser “triumfalmente aclamado como profeta¹¹²”. Pero la importancia de aquel año para el alemán tuvo que ver más con cierta revelación que le hizo el Todopoderoso.

¡Dios es un géometra!

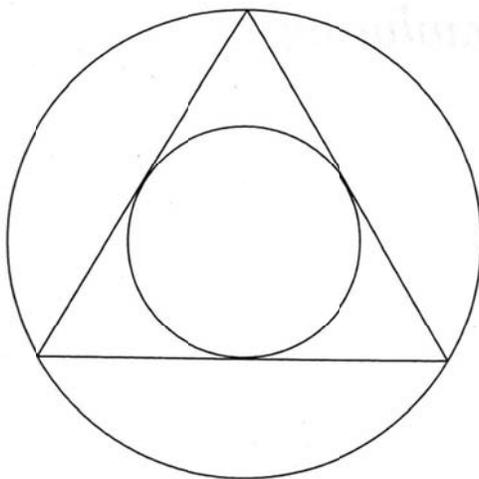
Me explicaré: a Kepler le interesaba comprender la estructura y funcionamiento del universo. Se preguntaba por qué los planetas nada más eran seis¹¹³ y no veinte o cien, y por qué sus órbitas estaban separadas por las distancias que Copérnico había deducido.

¹¹¹ *Ibidem*, p 56.

¹¹² Hawking, *op. cit.*, p 556.

¹¹³ En la época de Kepler sólo se conocían Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter y Saturno.

“Y de pronto, el 19 de julio de 1595, creyó encontrar la respuesta¹¹⁴”. Mientras le hablaba a sus alumnos sobre las conjunciones de Júpiter y Saturno, descubrió que si trazaba un triángulo equilátero entre las órbitas de ambos planetas, la primera quedaba contenida en el interior del polígono, mientras la segunda se ubicaba en el exterior¹¹⁵.



Esta imagen contiene la idea que detonó la obra astronómica kepleriana

A continuación trató de hacer lo mismo con el resto de las órbitas, aumentando los lados del polígono a medida que se acercaba al Sol: colocó un cuadrado entre Júpiter y Marte, un pentágono entre el planeta rojo y la Tierra, etcétera.

Pronto se dio cuenta de que el caso de Saturno y Júpiter no podía extrapolarse a los demás planetas. Pero no desechó el planteamiento central de su modelo, porque estaba convencido de que la solución al problema debía hallarse en la geometría, es decir, que las órbitas estaban dispuestas de tal modo que ciertas figuras concordaran perfectamente con ellas.

Lo que hizo, entonces, fue reemplazar sus polígonos planos por cuerpos tridimensionales que pudiesen ser más adecuados para “explicar un universo en tres dimensiones con planetas en tres dimensiones¹¹⁶”.

Decidió probar su hipótesis con los sólidos perfectos¹¹⁷ referidos por Platón y Aristóteles y que le deben su nombre al hecho de que todas sus caras son idénticas, son perfectamente

¹¹⁴ Fierro y Herrera, *op. cit.*, p 64.

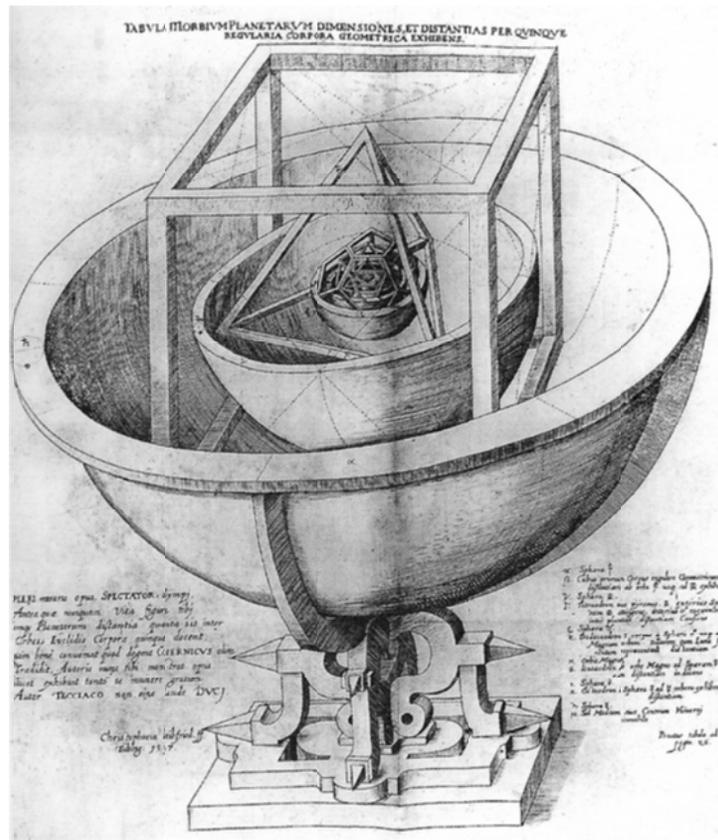
¹¹⁵ En términos de una clase de matemáticas, diríase que la órbita de Júpiter quedaba inscrita en el triángulo equilátero y la de Saturno circunscrita.

¹¹⁶ Connor, *op. cit.*, p 80.

simétricos y pueden ser inscritos o circunscritos en una esfera. Son tan especiales que únicamente existen cinco.

¡Cinco! ¡El mismo número de espacios entre las seis órbitas planetarias del sistema copernicano!

Entonces, al astrólogo le pareció razonable asumir que “estos cinco sólidos podrían caber exactamente en los cinco intervalos que separaban a los seis planetas (...). En la órbita de Saturno inscribió un cubo; en ese cubo insertó otra esfera, Júpiter. Inscribió el tetraedro en Júpiter y luego inscribió en él la esfera de Marte. El dodecaedro cabría perfectamente entre Marte y la Tierra; el icosaedro entre la Tierra y Venus, y entre Venus y Mercurio puso el octaedro¹¹⁸”.



Los cinco sólidos perfectos aplicados al modelo cósmico de Kepler

¹¹⁷ Se les llama perfectos porque se trata de cuerpos simétricos, todas sus caras son idénticas y pueden ser inscritos y/o circunscritos en una esfera.

¹¹⁸ Greene, Jay (compilador), *100 grandes científicos*, México, Diana, 1978, p 70.

Kepler siempre había pensado que “la geometría de Euclides vislumbraba una imagen de la perfección y el esplendor cósmico (...y ahora...) estaba asombrado de que él, que se creía inmerso en el pecado, hubiera sido elegido por orden divina para realizar ese descubrimiento¹¹⁹”.

Esta novedosa teoría fue expuesta públicamente en 1597 a través de las páginas de *Misterio del cosmos*, un libro que cosechó opiniones encontradas en el sector académico. Mientras “las mentes modernas y empíricas¹²⁰” –como la de cierto profesor radicado en Padua– rechazaron el carácter fuertemente especulativo del trabajo¹²¹, aquellos grupos que defendían la posibilidad de deducir *a priori* el orden cósmico lo abrazaron con entusiasmo.

Hubo, en cambio, quienes adoptaron una postura intermedia; entre ellos el astrónomo al servicio del rey de Dinamarca (Federico II), que se sintió muy intrigado por los planteamientos de la obra y escribió una crítica favorable.

¹¹⁹ Sagan, *op. cit.*, 2001, p 56.

¹²⁰ Koestler, *op. cit.*, p 277.

¹²¹ Vale la pena mencionar que una de esas “especulaciones” arrojaba la idea de que la Tierra y la Luna estaban hechas de una materia similar y otra insinuaba la existencia de algún tipo de atracción entre ambas.

3.2 LA HISTORIA DEL GRAN SEÑOR DEL PAÍS DE HAMLET Y EL ERUDITO PATÁN LLEGADO DEL CAMPO

Un astrónomo sin nariz

“Si Copérnico fue el principal astrónomo europeo de la primera mitad del siglo XVI, Tycho Brahe (1546-1601) fue la autoridad astronómica más preeminente de la segunda¹²²”. Al igual que el polaco, recibió una formación integral en los primeros años de su vida: aprendió a hablar en latín, a escribir poemas, a componer música, a manejar la espada y con apenas siete años cumplidos ya discutía problemas de lógica con uno de sus tíos.

A los trece años –mientras estudiaba en la Universidad de Copenhague- escuchó el augurio de unos astrólogos que pronosticaron un eclipse de Sol para agosto de 1560. Al ver que el fenómeno se produjo, el joven danés “quedó tan conmovido que salió apresuradamente y compró una traducción latina de las obras de Tolomeo¹²³”.

Pero lo que realmente le había impresionado no fue el eclipse: “la gran revelación para él (...) fue la predictibilidad de los eventos astronómicos, en contraste (...) con la impredecible vida de un niño perteneciente a la temperamental familia Brahe¹²⁴”. A partir de ese momento, la astronomía y la astrología se convirtieron en sus mayores pasiones.

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 sostenido en su juventud. ¿La razón? Diferencias de opinión en torno a un problema matemático.

Tycho pensaba que si los hombres lograban descifrar el comportamiento de los cuerpos celestes, tendrían control absoluto sobre su destino. Y el ángulo desde el cual decidió estudiar a los astros fue el de la observación y el registro de sus movimientos.

De ahí que una de las fechas más significativas en su vida haya sido la del 11 de noviembre de 1572. Esa noche descubrió que había aparecido una nueva estrella en la constelación de

¹²² Kuhn, *op. cit.*, 1996, p 263.

¹²³ Greene, *op. cit.*, p 60.

¹²⁴ Koestler, *op. cit.*, p 287.

Casiopea¹²⁵. Para asegurarse de que sus ojos no lo estuvieran engañando llamó a varios de sus sirvientes y ayudantes; todos confirmaron su avistamiento. La lectura astrológica de este fenómeno auguraba más de una tragedia. La astronómica, en cambio, ya tenía una prueba para afirmar que los cielos no eran tan inmutables como había dicho Aristóteles¹²⁶.

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

Con el patrocinio de su rey Federico II, el hombre de la nariz dorada construyó su propio observatorio en la isla de Hveen. El edificio principal del complejo era un castillo de fachada renacentista llamado *Uraniemburg* (Castillo de los cielos) y contaba con los instrumentos de observación más sofisticados de la época, además de laboratorios, biblioteca, un observatorio en lo más alto de la construcción y otro semihundido en el suelo para proteger los equipos.

Por si todo ello fuera poco, las instalaciones incluían lujos comparables a las comodidades del siglo XX, tales como agua corriente en las habitaciones y un sistema de intercomunicación.

Al costo del terreno y la construcción habría que agregar el de los relojes, los cuadrantes solares, los globos, la imprenta privada, los suntuosos banquetes y la cuota anual asignada por la corona danesa. Pero –en contraste con ciertos servidores públicos que hoy gozan de prestaciones comparables a cambio de un desempeño patético- Tycho Brahe desquitó cada centavo invertido en sus caprichos, ya que los resultados de sus observaciones se tradujeron en el catálogo de estrellas más preciso y completo hasta ese entonces¹²⁷: “tan eficaz era su

¹²⁵ La tecnología y los conocimientos teóricos con que contamos actualmente nos permiten saber que se trataba de una supernova, es decir, de la explosión luminosa causada por una estrella de gran tamaño que está muriendo.

¹²⁶ De acuerdo con el filósofo griego, el universo era inmutable y todo lo que nosotros percibíamos como cambiante se hallaba en la región sublunar. Cuando Tycho hizo las mediciones correspondientes, encontró que esa nueva estrella se ubicaba más allá de esa zona.

¹²⁷ En 1603 Tycho Brahe publicó *Uranometría*, un atlas celestial con todas las estrellas que había estudiado a lo largo de su vida.

técnica que pudo registrar las mediciones de las estrellas con un error de menos de 1/60 de grado¹²⁸”.

Resulta difícil creer que un observador tan formidable haya sido también un firme opositor a la idea de que el mundo pudiera moverse. “Sus dos objeciones principales al nuevo sistema eran (...) que con este nuevo planteamiento la Tierra perdía su lugar en el centro de todo, y que además el universo tenía que ser mucho más grande¹²⁹”.

Y de la oposición pasó a la propuesta, desarrollando un modelo al que le incorporó los datos obtenidos en sus propias mediciones. En él, la Tierra permanecía en el centro del cosmos, pero el resto de los planetas giraban alrededor del Sol y éste completaba una vuelta alrededor de nuestro planeta cada día. Este sistema tenía ventajas sobre el de Copérnico (no entraba en contradicción con las doctrinas religiosas) y las diversas variantes del tolemaico (podía describir sin problemas las fases de Venus, que más tarde descubriría un sujeto de apellido Galilei). Por ello muchos detractores del heliocentrismo lo consideraron una opción aceptable.

Christian IV, sucesor de Federico II, ya no estuvo dispuesto a seguir financiando las investigaciones de Brahe, por lo que éste aceptó un ofrecimiento de Rodolfo II, archiduque de Austria y Rey de Praga para convertirse en su matemático y astrólogo. Se marchó de Dinamarca durante la pascua de 1597, llevándose consigo la mayor parte de sus archivos e instrumentos, incluyendo la imprenta.

“Aunque no haya aportado ningún nuevo conocimiento astronómico, Brahe fue el responsable de cambios (...) en los niveles de precisión que cabía exigir a los datos (...). Sus observaciones permitieron un nuevo planteamiento del clásico problema de los planetas, prerequisite para su futura resolución, pues ninguna teoría planetaria hubiera sido capaz de hacer compatibles entre sí los datos empleados por Copérnico¹³⁰”, el cual había tratado de amalgamar un puñado de mediciones propias con fuentes tan antiguas como Hiparco y Tolomeo.

¹²⁸ Greene, *op. cit.*, p 60.

¹²⁹ Biro, Susana, *La mirada de Galileo*, México, F.C.E., 2009, p 34.

¹³⁰ Kuhn, *op. cit.*, 1996, p 263.

El más grande observador de la bóveda celeste a simple vista del que se tenga memoria falleció el 24 de octubre de 1601. Se cuenta que durante “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...’¹³¹”.

Ni en aquella época, ni en la nuestra, alguien podría atreverse a decir que la vida del danés fue un desperdicio. Pero la valía de su obra fue todavía mayor debido a que uno de sus asistentes decidió apoyarse en ella para completar el proyecto que se le había encomendado.

El nombre de ese asistente era Johannes Kepler.

Adios a Graz

Johannes Kepler se casó con la hija de un molinero llamada Bárbara Muller el 27 de abril de 1597. El horóscopo de aquél matrimonio –hecho por el propio contrayente- daba cuenta de una constelación poco favorable que amenazaba su futuro y ese mal presagio resultó ser trágicamente cierto. Sus dos primeros hijos murieron a edad temprana; él se sumergió en el trabajo para abstraerse del dolor que tales pérdidas le provocaron; también se olvidó de su mujer y la relación se fue disolviendo hasta que ella murió de tifo en 1611.

En contraste con su vida personal, los mayores logros profesionales del astrónomo estaban por venir y el germen de todos ellos estaba contenido en *Misterio del cosmos*. Le solicitó recursos al duque de Württemberg para crear una réplica de su sistema planetario en plata y piedras preciosas, pero tuvo que conformarse con el aval para construir una versión preliminar hecha de papel.

Ahora bien, a pesar de su firme creencia en la veracidad de lo que estaba proponiendo, a Johannes no le satisfacía “la coincidencia poco precisa entre los límites geométricos que había determinado *a priori* para las órbitas planetarias (...) y las posiciones reales que se veía ocupar a los planetas noche a noche en el cielo¹³²”.

¹³¹ Sagan, *op. cit.*, 2001, p 58.

¹³² Lear, John, *El sueño de Kepler*, UNAM – DGDC, 2005, p 18.

Aunque utilizó todos los recursos matemáticos que poseía, nunca fue capaz de diseñar un modelo basado en los cinco sólidos cuyos valores coincidieran con los dados por Copérnico. Pero un orden cósmico basado en la geometría resultaba tan elegante y tan majestuoso que supuso que el error estaba en sus observaciones y no en su propuesta teórica.

Había que buscar nuevos registros observacionales de las posiciones planetarias. Y los más precisos de aquella época estaban en manos del danés que había leído su texto de 1597 y estaba a punto de convertirse en su nuevo jefe. Tycho Brahe, recientemente instalado en Praga como el nuevo matemático imperial de Rodolfo II, le extendió una invitación para trabajar con él.

Kepler no aceptó de inmediato la oferta y tal vez nunca lo habría hecho de no ser porque en 1598 el archiduque católico local –convencido de que era preferible convertir al país en un desierto antes que gobernar sobre herejes- ordenó el cierre de la escuela donde trabajaba y el destierro de los protestantes.

Johannes tuvo la opción de permanecer en Graz si renunciaba a su credo luterano y se convertía al catolicismo. Sin embargo, consideraba a la fe un asunto muy serio y uno de los atributos que Dios no le había dado era la capacidad de ser hipócrita. Así que prefirió marcharse.

El autor de *Misterio del cosmos* viajó a Praga en enero de 1600 y lo que encontró cuando llegó al castillo de Brahe estuvo lejos de cumplir sus expectativas. El hombre que lo había contratado era un personaje afecto a las juergas, rodeado en todo momento por legiones de aduladores, parientes y “parásitos varios”¹³³.

Cualquiera de los instrumentos de medición de Tycho valía más que todo el patrimonio del recién llegado. Y éste opinaba que aquél, al igual que la mayoría de los ricos, no sabía utilizar adecuadamente sus posesiones, por lo cual había que tratar de arrancárselas¹³⁴.

Desde el punto de vista de las relaciones humanas el encuentro entre el mejor teórico y el mejor observador de la época no pudo haber sido más desafortunado. El primero era un

¹³³ Sagan, *op. cit.*, 2001, p 58.

¹³⁴ De acuerdo con afirmaciones del propio Kepler citadas en Koestler, *op. cit.*, p 280.

ferviente heliocéntrico que había dado clases en las escuelas y escribía textos de divulgación. El segundo, un férreo defensor del geocentrismo para quien los secretos del cielo no debían ser conocidos por el pueblo en general. El alemán era un plebeyo. El danés un aristócrata. Lo único que ambos tenían en común era su irritable y colérico carácter, además de su pasión por la astronomía.

A la caza de un planeta rojo

“Kepler anhelaba ser considerado como un igual y tener cierta independencia, pero el receloso Brahe quería utilizarle tan sólo para establecer su propio modelo del sistema solar –un modelo no copernicano que Kepler no soportaba¹³⁵”.



Un monumento como éste deberá levantarse en Marte si algún día los terrícolas logramos colonizarlo

A pesar de todo, ambos sabían que se necesitaban mutuamente y establecieron una especie de simbiosis en la que uno aportaba los registros de las observaciones y otro el razonamiento matemático para comprenderlas. Pero el astrónomo de la nariz dorada no

¹³⁵ Hawking, *op. cit.*, p 558.

tenía muchas intenciones de compartir la labor de su vida con su colega, a quien veía como un posible rival en el futuro y se limitaba a arrojarle algún dato de vez en cuando.

Brahe encontró un modo de apaciguar a su insistente ayudante, encomendándole que determinara la órbita de Marte, un planeta que no sólo se distinguía de sus hermanos por su llamativo color rojo, sino también porque siempre le había dado problemas a los astrónomos interesados en calcular su trayectoria

El joven creyó que una semana sería tiempo suficiente para cumplir con la misión. Pero “el trabajo era increíblemente tedioso: consistía en encontrar una combinación de movimientos circulares (¡los omnipresentes círculos!) capaz de reproducir la trayectoria observada del planeta¹³⁶”.

“Dos días después de la muerte de Tycho, el emperador nombró a Kepler como su nuevo matemático imperial (...). Tuvo control de todas las observaciones de Brahe y pudo trabajar libremente por primera vez en su vida¹³⁷”. Esto, para disgusto de los legítimos herederos del patrimonio del danés:

*Confieso que cuando Tycho murió (...) me aproveché rápidamente de la ausencia o falta de circunspección de los herederos, y tomé bajo mi control las observaciones, quizá usurpándolas.*¹³⁸

Johannes aprovechó los registros de su antiguo jefe para completar las llamadas Tablas Rudolfinas¹³⁹ (largamente esperadas por astrónomos, astrólogos y navegantes de todo el mundo), pero no encontró en ellos evidencia alguna que apoyara su teoría sobre los cinco sólidos que separaban a seis planetas. Así que decidió retomar el asunto de la órbita marciana.

Cinco años después, seguía sin poder descifrar el acertijo.

¹³⁶ Fierro y Herrera, *op. cit.*, p 66.

¹³⁷ Connor, *op. cit.*, p 156.

¹³⁸ Citado en Hawking, *op. cit.*, p 559.

¹³⁹ Cuya versión definitiva estuvo lista hasta 1627, e incorporaba los principales descubrimientos keplerianos.

Era evidente la necesidad de replantear el problema. En primer lugar, recuperó las tesis de Copérnico –mismas que originalmente había cuestionado- en el sentido de que el Sol no estaba exactamente en el centro del universo, sino en un punto muy cercano a dicho centro. También aventuró la idea de que cada planeta era sujeto de dos fuerzas en conflicto¹⁴⁰: una proveniente del Sol llamada *anima motrix* y otra localizada en el planeta mismo.

La tercera reforma significativa implicaba poner en tela de juicio uno de los pilares en que se habían sustentado todas las cosmovisiones previas (incluyendo a las heliocéntricas): los planetas no siempre se desplazan por el cosmos viajando a la misma velocidad¹⁴¹.

Claro que esta última idea no había salido de una chistera metodológica, sino que era la consecuencia lógica de las otras dos. Porque si el Sol no estaba exactamente en el centro del sistema (siempre a la misma distancia de todo) y realmente ejercía algún tipo de fuerza sobre los astros, su influencia sobre los planetas debería variar dependiendo del punto en que se encontraran.

La posibilidad de moverse a distintas velocidades le permitió a Johannes prescindir de algunos artilugios geométricos que se habían venido utilizando desde la época de los griegos. Pero todavía faltaba una pieza para que el rompecabezas estuviera completo.

¹⁴⁰ Pero el encargado de explicar dichas fuerzas no fue Kepler, sino un científico inglés a quien suele asociarse con las manzanas y su caída de los árboles y que respondía en vida al nombre de Isaac Newton.

¹⁴¹ Lo que un profesor de física llamaría movimiento circular uniforme.

3.3 UNA NUEVA ASTRONOMÍA: UN NUEVO UNIVERSO

Misión cumplida, señor Brahe

El júbilo de Kepler se transformaba en desilusión cada vez que volvía a encontrar discrepancias entre sus cálculos y las observaciones de Brahe. Incluso con las modificaciones explicadas en párrafos anteriores, su modelo seguía teniendo un diferencial angular de ocho minutos con respecto a los registros. Así que desechó todo el trabajo por considerar que “la Diosa Divina nos dio en Tycho un observador tan fiel que un error de ocho minutos es inaceptable¹⁴²”.

Quizá Dios no sea un geómetra tan bueno como algunos creían; pero sí le dio a Johannes la capacidad de poner en tela de juicio la presunta perfección del universo que había creado. Y gracias a ello, este devoto astrónomo pudo completar su modelo planetario:

...la ruta de los planetas no es un círculo –se curva hacia dentro en sus dos lados y hacia afuera en los extremos opuestos. Esa curva se llama óvalo. La órbita no es un círculo, sino un óvalo.¹⁴³

Y no se trataba de cualquier óvalo: tenía que ser una elipse. Aunque, al final del día, daba lo mismo, porque los círculos y las espirales que hacían tan perfecto al sistema copernicano se habían ido, quedando en su lugar “una carretada de estiércol¹⁴⁴”.

Claro que el alemán terminó por interpretar su descubrimiento desde otra perspectiva: la Tierra era (¿era?) un planeta arrasado por las guerras, la peste, el hambre y la infelicidad. Fenómenos, todos ellos, que la convertían en la antítesis de la perfección y merecedora, en consecuencia, de una órbita más parecida al cascarón de un huevo que a una esfera.

Ahora que se había desvelado el misterio, sólo hacía falta calcular los valores exactos de la elipse para Marte. Los resultados obtenidos, esta vez coincidieron plenamente con las observaciones de Tycho.

¹⁴² Fierro y Herrera, *op. cit.*, p 67.

¹⁴³ Citado en Koestler, *op. cit.*, p 333.

¹⁴⁴ Según palabras de Kepler citadas en Sagan, *op. cit.*, 2001, p 61.

Hambre y miseria

Kepler notó que varios de los aspectos observados en Marte eran válidos para todos los planetas. El resultado de ese descubrimiento fueron sus tres leyes del movimiento planetario. Las dos primeras aparecieron en *La nueva astronomía*, publicado en 1609.

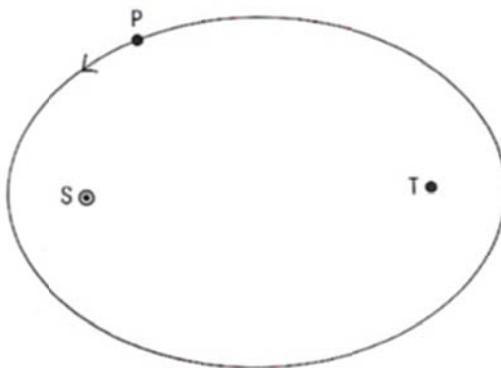
- Un planeta se mueve en una órbita elíptica, con el Sol situado en uno de los focos.
- Los planetas barren áreas iguales en tiempos iguales.

Su tercera ley, en cambio, sería publicada en *Las armonías del mundo* (1618), una serie de cinco libros donde la ciencia se conjugaba con poesía, filosofía, teología y mística.

- Los cuadrados de los periodos¹⁴⁵ de los planetas son proporcionales a los cubos de sus distancias medias al Sol.

¿Y qué significa todo eso?

Mientras los círculos tienen al centro como su principal punto de referencia, las elipses cuentan con un par de lugares llamados focos (S, T) y el Sol se encuentra en uno de ellos. En consecuencia, los planetas (P) no siempre están a la misma distancia del astro rey ni se desplazan por el cielo a la misma velocidad –como ocurre en el movimiento circular uniforme– sino que aceleran cuando están más cerca del Sol y su marcha se hace más lenta conforme se van alejando¹⁴⁶.



La forma de las órbitas según la primera ley de Kepler

¹⁴⁵ El periodo de un planeta es el tiempo que le toma completar una vuelta alrededor del Sol.

¹⁴⁶ En el caso de la Tierra, está más cerca del Sol en enero y más lejos en julio.

Imaginemos ahora que una larguísima brocha une a cada planeta con el centro del Sol y que, con cada segundo que transcurre, va coloreando un área determinada de la elipse. Cuando el planeta está más cerca del Sol, se mueve a mayor velocidad, pero la cantidad de superficie que pinta es relativamente pequeña. A medida que se empieza a alejar su velocidad decrece, pero el área de barrido es mayor, de modo que la zona pintada en una unidad de tiempo dada siempre es igual.

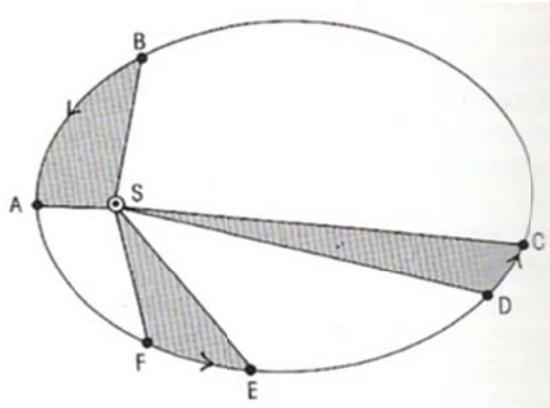


Diagrama que ilustra la tercera ley de Kepler

En cuanto a la tercera ley, también llamada “ley armónica”, nos dice que los planetas se mueven más lento mientras más lejos estén del Sol y viceversa.

En *Las armonías del mundo*, Kepler intentó hacer extensivos sus conceptos sobre la armonía a la música, la astrología, la geometría y la astronomía. Influidor por las ideas de Pitágoras, mostró al movimiento del sistema solar como una sinfonía de voces en donde la velocidad de cada planeta correspondía a ciertas notas de la escala musical. Los tonos de la Tierra, por ejemplo, serían MI FA MI.

Las notas asociadas al canto de nuestro mundo le permitirían comentar a Kepler que lo único que podemos esperar los habitantes de dicho planeta es miseria, hambre y miseria (MIseriam FAmén MIseriam, en lengua latina)

“En este sistema elíptico había tan poco de copernicano que Kepler, con justicia, podía haberlo bautizado con su propio nombre, pero ya fuese como una estratagema para rehuir todo el peso de la oposición teológica o como expresión de genuina modestia, el

matemático imperial decidió presentar su innovación radical como un mero refinamiento del pensamiento de Copérnico¹⁴⁷.

El día en que la ciencia salvó a una bruja

Si Kepler hubiese utilizado sus conocimientos astrológicos el día en que descubrió su ley armónica, las estrellas le habrían dicho que sus días como matemático imperial estaban contados, que su protector Rodolfo II pronto iba a abdicar¹⁴⁸ y que su madre estaba a punto de enfrentar un proceso por brujería.

Un hombre cojo recordaba que sus males habían comenzado el mismo día en que había bebido “algo” en casa de la señora Kepler. La esposa del carnicero la acusaba de haber provocado los dolores en el muslo de su marido. Y el sastre la señalaba como responsable por la muerte de sus hijos.

Pero Katherine no era una bruja, solamente una vieja malhumorada que se ganaba la vida vendiendo soporíferos y alucinógenos y dedicaba buena parte de su tiempo a dar consejos no solicitados. Para su hijo, en cambio, era la persona que le había mostrado el gran cometa de 1577, regalándole una experiencia que lo acompañaría durante toda su vida. Así que de inmediato viajó a Württemberg para defenderla.

Johannes pensó que él mismo había contribuido para que su madre fuese detenida. Y lo creyó así porque había escrito *El sueño*, uno de los primeros relatos de lo que hoy llamamos ciencia ficción.

Al igual que el autor de la obra, el protagonista de *El sueño* era el hijo de una mujer versada en la elaboración de ciertas drogas y amuletos que viajaba a Dinamarca para conocer al gran Tycho Brahe. Más tarde se encontraría con un demonio que lo llevaba a la Luna, desde donde pudo contemplar al planeta Tierra, girando y moviéndose a través del cielo.

Efectivamente, el libro fue utilizado como una prueba contra la anciana de 74 años y su hijo debió explicar a quienes la acusaban que todas y cada una de las páginas que lo integraban

¹⁴⁷ Lear, *op. cit.*, p 19.

¹⁴⁸ Debido al éxito de una revuelta encabezada por su propio hermano, el archiduque Mathias. Johannes siguió a su servicio hasta la fecha de su muerte (enero de 1612) y posteriormente viajó a Linz.

habían sido resultado de la imaginación y los diversos recursos literarios. La estrategia del astrónomo para diluir el resto de las pruebas siguió el mismo camino: ofrecía explicaciones científicas a todos los hechos que se presentaban como producto de la brujería.

Al final del juicio Katherine Kepler fue puesta en libertad, aunque se le condenó al exilio, con la advertencia de que sería ejecutada si volvía a la ciudad. La enérgica defensa de Kepler basada en la razón había triunfado. Y por partida doble, pues el duque de la localidad decretó que se suspendieran los procesos de brujería basados en pruebas poco convincentes.

Johannes Kepler murió el 15 de noviembre de 1630. Fue el último astrólogo científico y el primer astrofísico. Su sistema de seis elipses “hacía operable y viable la astronomía heliocéntrica, poniendo de relieve a un mismo tiempo la economía y la riqueza implícita de la innovación introducida por Copérnico¹⁴⁹”. Pero sus virtudes eran más bien de carácter descriptivo, ya que no explicaba las causas por las que los planetas se movían de esa manera¹⁵⁰.

No todos los astrónomos aceptaron las ovaladas órbitas propuestas por este alemán que se atrevió a poner en tela de juicio la perfección geométrica del universo. Uno de los que siempre se rehusó a hacerlo fue el mismo italiano que tan poca atención le había prestado a *Misterio del cosmos* y que –irónicamente- pasó buena parte de su vida documentando la existencia de astros que se movían tal y como Johannes había previsto.

El nombre de ese italiano era Galileo Galilei.

¹⁴⁹ Kuhn, *op. cit.*, 1996, p 277.

¹⁵⁰ Kepler consideraba que el Sol era una especie de imán giratorio que mantenía a los planetas cerca de él, como si estos fuesen agujas sobre trozos de corcho flotando en agua.

IV – GALILEO GALILEI Y EL NACIMIENTO DE UN ARTEFACTO MARAVILLOSO

El mundo suele ser cruel con el nuevo talento Las nuevas creaciones, lo nuevo, necesita amigos.

Anton Ego¹⁵¹

4.1 GALILEO GALILEI (1564-1642)

Una lección de perseverancia

Galileo Galilei nació el 15 de febrero de 1564 en la localidad italiana de Pisa, que en aquel tiempo estaba gobernada por el duque Cosme de Medici. Tuvo seis hermanos, aunque solamente tres -todos menores que él- llegaron a la edad adulta: Virginia, Michelangelo y Livia.

Se cuenta que desde muy joven “destacó por su cabello pelirrojo, el gran tamaño de su cuerpo y su innata curiosidad¹⁵²”, así como también por su interés en lo que hoy llamamos ciencias exactas¹⁵³, la música y la literatura. Estas aficiones las había heredado de su padre, un profesor de música llamado Vincenzio, quien le había enseñado a cantar, a tocar instrumentos como el órgano o el laúd y las ideas de Pitágoras sobre las proporciones musicales.

Pero quizá la lección más importante que aprendió el joven Galileo no tuvo que ver con números ni con pentagramas, sino con la perseverancia. Y esto se debió a un libro que no se publicó hacia 1578 en Venecia, sino tres años más tarde en Florencia.

El autor de este trabajo no era otro que Vincenzio Galilei, quien había aprovechado sus años de estudio y su experiencia profesional para proponer nuevas técnicas de afinación. Este método se distinguía de los más usuales de la época porque sus planteamientos

¹⁵¹ En la película *Ratatouille* (Brad Bird, 2007).

¹⁵² Domínguez, Héctor y Fierro, Julieta, *Galileo y el telescopio: 400 años de ciencia*, México, Uribe y Ferrari, 2007, p 20.

¹⁵³ Física (mecánica) y matemáticas.

centrales no estaban subordinados a las ideas pitagóricas que establecían relaciones numéricas entre las notas (de hecho sucedía lo contrario).

Se trataba de una especie de herejía musical que desafiaba las ideas de un influyente profesor de música que –casualmente- había sido maestro de Vincenzo. Este académico utilizó todos los recursos a su alcance para impedir que se publicara el texto; al final sólo pudo retrasar la aparición de una obra que llevaba por título *Diálogo sobre la música antigua y moderna* y en una de cuyas páginas podía leerse:

*Me parece que aquellos que recurren simplemente a la fuerza de la autoridad con el fin de demostrar cualquier afirmación sin aducir ningún otro argumento para fundamentarla actúan de un modo verdaderamente absurdo. Por el contrario, yo deseo que se me permita preguntar y responder libremente sin ninguna clase de adulación; como lo hacen aquellos que buscan la verdad.*¹⁵⁴

Este párrafo podría haber sido un buen prólogo para el libro que Galileo escribiría cinco décadas más tarde. En ese momento, sin embargo, el chico estaba cursando griego, latín y matemáticas en el monasterio benedictino de Vallombrosa, a donde había ingresado como novicio con la intención de convertirse en monje.

Pero Vincenzo Galilei no podía costear la vocación religiosa de su retoño, de modo que lo hizo abandonar la vida monacal e insistió en que estudiara una carrera que le permitiese alcanzar cierta prosperidad económica. Razón por la cual, en 1581, Galileo se matriculó en la Universidad de Pisa para estudiar medicina.

¿Galileo era un alumno aplicado?

Digamos que si hubiese ingresado a la Facultad de Medicina de la UNAM, jamás habría obtenido la medalla Gabino Barreda. Aunque ciertamente no por falta de capacidad, sino debido a que mucho del tiempo que debería haber invertido en sus clases regulares lo utilizaba para estudiar matemáticas, que eran lo que realmente le importaba¹⁵⁵. Incluso se infiltró en la corte del gran duque de Toscana para escuchar las lecciones del matemático e

¹⁵⁴ Citado en Sobel, Dava, *La hija de Galileo*, España, Debate, 1999, p 27.

¹⁵⁵ Quizá tampoco hubiese obtenido dicha presea si hubiese estudiado física en la Facultad de Ciencias, toda vez que su carácter frío y gruñón le valió la enemistad de profesores y condiscípulos por igual.

ingeniero militar Otilio Ricci, quien pronto se dio cuenta de sus cualidades y lo aceptó como alumno.

Y fue justamente en esa época cuando hizo su primer descubrimiento mientras asistía a la misa dominical en la catedral de Pisa. En aquella ocasión dejó de escuchar el sermón del sacerdote y centró su atención en uno de los candeleros que estaba moviéndose por efecto del viento.

Al todavía estudiante de medicina le pareció que las oscilaciones del candelabro tenían regularidad, es decir, que el tiempo necesario para que diera una vuelta completa y volviese al punto de partida era siempre el mismo. “Cuenta la leyenda que, careciendo de reloj (aún no se inventaba), usó su propio pulso para corroborarlo ¡y resultó cierto!¹⁵⁶”

“Luego fue a su laboratorio y empezó a experimentar con péndulos de diferente masa y encontró que (...) el periodo de oscilación era el mismo. Y así descubrió la isocronía del péndulo, como se le llama en términos técnicos, misma que años después un científico holandés utilizó para crear el primer reloj de péndulo¹⁵⁷”.

El patriarca de la familia Galilei no se sentía especialmente feliz al ver que su hijo estaba abandonando una de las carreras con mayores perspectivas de éxito y riqueza para abrazar una “profesión esotérica, con escasas oportunidades de trabajo, bajos salarios y poca estabilidad¹⁵⁸”. De inmediato trató de hacer valer su autoridad para que Galileo se reincorporara a los cursos de medicina. Pero este último recurrió al matemático Ricci para que hablara con su padre y abogara a favor de su causa.

Uno de los principales rasgos que definieron los años colegiales del italiano era que “nunca aceptaba las dogmáticas afirmaciones de sus maestros gratuitamente¹⁵⁹”, pues formulaba preguntas que terminaban evidenciando sus errores y cuestionaba las afirmaciones con las que no estaba de acuerdo. A lo cual había que sumar el hecho de que estaba más interesado en conocer los trabajos e inventos de Arquímedes que la filosofía aristotélica.

¹⁵⁶ Fierro y Herrera, *op. cit.*, p 69.

¹⁵⁷ La cita corresponde a una entrevista concedida por el físico Héctor durante el otoño de 2008 en Ciudad Universitaria.

¹⁵⁸ Domínguez y Fierro, *op. cit.*, p 24.

¹⁵⁹ Fierro y Herrera, *op. cit.*, p 69.

A pesar de que Galileo no obtuvo ningún grado académico –abandonó sus cursos en 1585 debido a los problemas económicos de su familia- volvió a la casa de su padre en Florencia y comenzó a ejercer como si fuera un matemático profesional; se ganaba la vida escribiendo artículos, dictando conferencias y dando clases particulares a miembros de la nobleza. Así conoció al marqués Guidobaldo del Monte, quien lo recomendó para obtener una plaza como profesor en la propia Universidad de Pisa.

Un error de cinco centímetros

Los primeros pasos de Galileo en el campo de la docencia fueron comparables a los que había dado como estudiante. Al terminar el primer año, su ya de por sí raquítico salario le fue recortado como sanción por negarse a utilizar las vestimentas de uso obligatorio para los académicos (y probablemente también por haberlas ridiculizado en una rima de trescientos versos).

Pero las togas negras no era lo único que cuestionaba; tampoco estaba de acuerdo con los programas de estudio basados en las tesis de Aristóteles y en la cosmovisión del *Almagesto*. Sus cuestionamientos incluían deducciones lógicas, ejercicios de imaginación y demostraciones públicas con objetos reales.

Uno de los episodios más célebres, en este sentido, tuvo lugar el día que subió a la torre de Pisa con una bala de cañón (de cinco kilos) y otra de mosquete (con un peso diez veces menor) para dejarlas caer simultáneamente. Su intención era desmentir las ideas aristotélicas según las cuales la velocidad con la que caen los objetos depende de su peso.

La bala más pesada tocó el piso un momento antes que la más ligera debido a lo que el italiano llamó “resistencia del aire”, pero en ningún momento su velocidad fue diez veces mayor ni recorrió la distancia diez veces más rápido, como siempre habían dado por hecho los seguidores del filósofo griego.

Si Galileo hubiese tenido una campana de vacío para eliminar la resistencia del aire, los resultados de su experimento habrían sido irrefutables. Pero ése no fue el caso y tuvo que conformarse con lanzar un desafío a quienes habían aprovechado el hecho de que el cuerpo más pesado fue el primero en alcanzar el suelo para legitimar la infalibilidad de Aristóteles:

*Al hacer la prueba, habéis visto que la grande gana la carrera a la pequeña por cinco centímetros. Y ahora, mientras guardáis silencio sobre la gran equivocación de Aristóteles, habláis sólo de mi pequeño error y queréis ocultar sus noventa y nueve brazas en mis cinco centímetros.*¹⁶⁰

“Los trabajos de Galileo, su personalidad y espíritu crítico le crearon un ambiente desfavorable¹⁶¹”, que contribuyó a cerrarle muchas puertas; empezando por las de su centro de trabajo, que optó por no renovar su contrato y prescindir de sus servicios en 1592. Pero también le abrieron otras, como la de la Universidad de Padua (cerca de Venecia), donde consiguió una cátedra de matemáticas.

¹⁶⁰ Citado en Sobel, Dava, *op. cit.*, p 30.

¹⁶¹ Domínguez y Fierro, *op. cit.*, p 45.

4.2 EL TELESCOPIO Y LA GACETA SIDERAL

Los años maravillosos de un profesor de matemáticas

En Padua encontró un ambiente más receptivo a las nuevas ideas y un salario tres veces mayor. Sus gastos también habían crecido tras la muerte de su padre, porque ahora a él le correspondía hacerse cargo de su familia. Así que obtenía ingresos adicionales dando clases particulares, hospedando estudiantes en su casa y construyendo diversos artefactos.

En 1593, Galileo creó una bomba capaz de subir agua utilizando la potencia de un sólo caballo. Cuatro años más tarde construyó un compás geométrico militar que luego perfeccionaría para convertirlo en una calculadora de bolsillo y cuya demanda fue tan alta que se hizo necesario 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*. Pero la existencia de este manual y su larguísimo nombre habrían sido poco menos que una anécdota de no ser porque estaba dedicado a un tal Cosme de Médicis, alumno de Galileo, futuro duque de Toscana y, a la postre, su principal protector.

Durante el tiempo que pasó en Padua, Galileo conoció a sus mejores amigos, desarrolló sus inventos más importantes y conoció a una atractiva joven llamada Marina Gamba. Él tenía 35 años; ella 21. Él era un prestigiado profesor; ella “se dedicaba a la vida alegre¹⁶²”. Él procedía de una familia poco acaudalada, pero de origen noble; por las venas de ella, en cambio, no corría más que sangre plebeya.



ESCUDO DE ARMAS DE LA
FAMILIA GALILEI

Ninguna de estas diferencias impidió que la atracción mutua floreciera, dando lugar a un romance que se prolongó por doce años. Aunque no se casaron ni vivieron juntos, Galileo siempre trató a Marina como su cónyuge y a los tres frutos de esa relación como herederos. La mayor de sus hijas nació el 13 de agosto de 1,600, siendo bautizada con el nombre de

¹⁶² *Ibidem*, p 45.

Virginia. Heredó de su padre la misma brillantez y sensibilidad, por lo que siempre fue la más unida a él y llegó a convertirse en su confidente. Un año después vino al mundo Livia y en 1606 lo hizo Vincenzo Andrea.

En una época donde los únicos proyectos de vida concebibles para la mayoría de las mujeres eran el convento o el matrimonio, las que habían nacido en el marco de uniones ilegítimas veían reducidas todas sus perspectivas a las que podían encontrar en el seno de una orden religiosa.

Galileo sabía que él no podría proteger a sus dos hijas indefinidamente, así que hizo las gestiones necesarias para que ambas ingresaran al convento de San Matteo in Arcetri, lo cual se concretó en 1613. Pensaba que la melancólica y reservada Livia se sentiría mejor teniendo cerca de sí a Virginia, con su carácter alegre y despierto. Cuando la menor hizo los votos se convirtió en la hermana Arcángela, en tanto que la mayor “tomó el nombre de María Celeste en homenaje al interés de su padre por las cuestiones celestes¹⁶³”.

Ver más allá de lo evidente

Ese interés no se había hecho patente hasta octubre de 1604¹⁶⁴, cuando apareció en el firmamento una estrella que no se había visto antes y el profesor de 40 años no desaprovechó la oportunidad para desafiar la concepción aristotélica de los cielos inmutables. “Dio varias pláticas sobre el tema en su universidad, con auditorios llenos, y más tarde escribió una obra de teatro en tono de farsa donde se burlaba de los filósofos dogmáticos que se rehusaban a aceptar el cambio en el cielo¹⁶⁵”.

El giro definitivo hacia la astronomía tuvo lugar entre 1608 y 1609. Un noble de origen francés llamado Jacob Badouere le comentó a Galileo sobre “la existencia de un maravilloso instrumento que permitía ver los barcos lejanos como si estuvieran cerca¹⁶⁶”. Se le conocía con el nombre de *perspicillum* y consistía en dos lentes montadas sobre un

¹⁶³ Hawking, *op. cit.*, p 353.

¹⁶⁴ Sin embargo, en 1597 Galileo le escribió una carta a Johannes Kepler agradeciéndole la copia de *Misterio del cosmos* que había recibido.

¹⁶⁵ Biro, *op. cit.*, p 48.

¹⁶⁶ Fierro y Herrera, *op. cit.*, p 69.

tubo de metal¹⁶⁷, que a los piratas les resultaba muy útil en sus asaltos y los aristócratas franceses utilizaban como un juguete de moda.

El italiano se sintió tan intrigado por las posibilidades del perspicillum que suspendió sus investigaciones sobre el movimiento, “imaginó y entendió rápidamente el principio básico de este aparato y empezó a diseñar y construir sus propias versiones¹⁶⁸”, tal como revelaría meses más adelante:

*...me procuré un tubo de plomo a cuyos extremos adapté dos lentes de vidrio, ambas planas por una cara, mientras que por la otra eran convexa la una y cóncava la otra. Acercando luego el ojo a la cóncava, vi los objetos bastante grandes y próximos, ya que aparecían tres veces más cercanos y nueve veces mayores que cuando se contemplaban con la sola visión natural.*¹⁶⁹

Aún cuando ese prototipo ya era más poderoso que su contraparte holandesa, continuó mejorándolo y, al cabo de un año, logró fabricar un modelo “tan excelente que las cosas con él vistas parecían casi mil veces mayores y más de treinta veces más próximas¹⁷⁰”.

Galileo comprendió de inmediato los alcances científicos del instrumento que tenía en sus manos; pero también su valor comercial y militar. Viajó a Venecia para mostrarle a los miembros del Senado como uno de estos catalejos instalado en el campanario más alto de la ciudad hacía posible divisar barcos (amigos o enemigos) dos horas antes de que llegaran al puerto.

¹⁶⁷ Algunas fuentes reconocen a Hans Lipperhey como inventor del telescopio y otras señalan al fabricante de lentes Zacharias Janssen, quien los vendía como juguetes en las ferias. Biro (2009) considera que las condiciones materiales del momento favorecieron esta coincidencia creativa.

¹⁶⁸ Domínguez y Fierro, *op. cit.*, p 64.

¹⁶⁹ Galilei, Galileo, *La gaceta sideral*, España, Alianza, 2007, p 53.

¹⁷⁰ *Ibidem*, p 53.



Galileo muestra su invención al Senado de Venecia

Los senadores quedaron tan complacidos que nombraron a Galileo profesor vitalicio en la universidad de Padua y duplicaron su salario. Esta mejora en sus ingresos le permitió adentrarse en cuestiones menos terrenales. “Entre noviembre y diciembre de 1609 apuntó por primera vez su telescopio¹⁷¹ hacia arriba, para mirar el cielo de noche, y lo siguió haciendo todas las noches que le fue posible hasta marzo del año siguiente¹⁷²”.

Lo primero que observó fue la Luna, que no era una esfera hecha de éter, pues su superficie estaba plagada de cráteres y montañas semejantes a los de la Tierra. Siguió con las estrellas, que tampoco lucían como círculos perfectos y, de hecho, se veían como si tuviesen pequeños picos, razón por la cual dedujo que se trataban de cuerpos con luz propia.

A diferencia de lo que ocurría con nuestro satélite natural, el telescopio de Galileo no podía aumentar el tamaño de las estrellas, pero sí su brillo. Gracias a ello descubrió algunas que habían permanecido ocultas durante milenios a la simple vista de los hombres. Otras estaban aglutinadas en lo que el ojo humano siempre había percibido como manchas luminosas en el cielo nocturno (Vía Láctea, Nebulosa del Pesebre, etcétera)

¹⁷¹ No fue Galileo, sino el matemático griego Giovanni Demisiani quien propuso llamar telescopio al instrumento.

¹⁷² Biro, *op. cit.*, p 51.

Luego concentró su atención en Júpiter y descubrió cuatro planetas¹⁷³ que giraban a su alrededor. Este fenómeno constituía una clara evidencia de que no todas las cosas giraban alrededor de la Tierra, como cabría esperar en un universo geocéntrico.

Del cielo bajó la nobleza

Al momento de escribir estas líneas ha pasado por mi mente el nombre de un funcionario público al que le agradecería mucho saber que la ciencia y los científicos han ayudado a escribir las historias que legitiman el origen de ciertos gobernantes.

Uno de esos científicos fue, precisamente, Galileo, quien dio a conocer sus descubrimientos en una obra cuyas primeras ediciones (marzo de 1610) se agotaron rápidamente y que se publicó bajo el título *La gaceta sideral*. Incluía descripciones detalladas de lo que había visto el autor, acompañadas de numerosas ilustraciones y prologadas por una extensa dedicatoria dirigida a cierto “serenísimo príncipe” y en cuyos párrafos se podían leer zalamerías como ésta:

*El propio Artífice de las estrellas parece advertirme con claros argumentos que destine al ínclito nombre de Vuestra Alteza, antes que a ningún otro, estos nuevos planetas.*¹⁷⁴

El destinatario de tan elogiosas palabras no podía ser otro que Cosme de Médicis, convertido ya en el gran duque de Toscana y miembro de una poderosa familia a la que el éxito en los negocios le había permitido comprar su nobleza.

Claro que todo el dinero del mundo no borraba el hecho de que los antepasados de Cosme y sus cuatro hermanos habían sido mercaderes. Por lo cual construyeron un relato sobre el patriarca de la familia que “giraba en torno de Júpiter, el dios de la mitología griega que reinaba en la vasta extensión de los cielos y era conocido por su valor y su virtud (...) y con ella justificaban su dinastía y su dominio sobre la región¹⁷⁵”.

Galileo estaba decidido a aprovechar esos cuatro satélites que había descubierto para obtener los favores de su antiguo alumno, por lo que le pidió permiso para dedicárselos a su

¹⁷³ Galileo y sus contemporáneos creyeron que eran planetas, porque carecían de luz propia y cumplían con el requisito de tener trayectorias más complicadas que las de las estrellas. Sin embargo, se trataba de lunas.

¹⁷⁴ Galilei, *op. cit.*, p 45.

¹⁷⁵ Biro, *op. cit.*, p 93.

familia y luego se aseguró de hacerle 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. Ahora podía dedicarse por completo a observar el cielo. O casi, pues el tema de los satélites alrededor de Júpiter ya se había convertido en una cuestión política, por lo cual tuvo que fabricar y distribuir un gran número de catalejos para que todas las casas reales de Europa pudieran ver los cuatro planetas medíceos¹⁷⁶.

El ejemplar de *La gaceta sideral* que le fue enviado a Rodolfo II llegó a las manos de su astrónomo imperial. Johannes Kepler era miope y carecía de un telescopio, pero conocía la trayectoria del italiano y confiaba en sus observaciones. Le escribió una carta en la cual “intercaló lo que afirmaba Galileo en su nuevo libro con lo que él ya había pensado del tema y lo que se le iba ocurriendo al conocer las novedades¹⁷⁷”. Y también publicó un tratado sobre óptica (1610) en donde explicaba cómo y por qué funcionaba el telescopio.

Galileo continuó mirando al cielo. Descubrió que Saturno tenía anillos, que Venus presentaba fases, que había manchas en la superficie del Sol y que éste rotaba sobre su propio eje. Era una época en que incluso la iglesia católica elogiaba muchas de sus observaciones y los mejores astrónomos de la institución las estaban confirmando por su cuenta (aunque no por ello dejarían de creer en el geocentrismo).

En la primavera de 1611 fue invitado a Roma, donde “el Papa Paulo V lo recibió en una audiencia amigable y el Colegio Romano lo honró con varias ceremonias que se extendieron durante todo un día¹⁷⁸”.

Durante ese viaje, Galileo conoció a Maffeo Barberini, un cardenal de aproximadamente su misma edad con quien compartía algunos intereses (entre los cuales no figuraban las ideas de Copérnico) y que llegaría a convertirse en el papa Urbano VII.

¹⁷⁶ Originalmente Galileo había propuesto llamarlos planetas cósmicos y fue el propio Cosme quien sugirió el término medíceos. Actualmente se les conoce como satélites galileanos.

¹⁷⁷ Biro, *op. cit.*, p 71.

¹⁷⁸ Koestler, *op. cit.*, p 432.

Los dogmáticos académicos

Paradójicamente, los mayores cuestionamientos a las tesis plasmadas en *La gaceta sideral* provenían del ámbito universitario. En Padua, por ejemplo, los profesores Cremonini y Libri ni siquiera aceptaron ver el firmamento a través del telescopio. De ellos y de muchos otros Galileo escribiría que “no les bastaría el testimonio de la misma estrella si bajase a la Tierra y hablase de sí misma¹⁷⁹”.

“Esta situación alcanzó su punto más crítico cuando el astrónomo alemán jesuita Christoph Scheiner publicó en 1612 un libro donde señaló que el Sol, como lo había afirmado Aristóteles, era inmaculado y, por lo tanto, no tenía manchas¹⁸⁰”.

El italiano respondió con sus *Cartas sobre las manchas solares*; en ellas refutaba los argumentos de Scheiner y “defendía por primera vez en letra impresa el sistema copernicano de un universo heliocéntrico¹⁸¹”. Los razonamientos y las observaciones en que se apoyaba eran tan sólidos que sus detractores optaron por llevar la discusión al plano de lo religioso: a Galileo se le acusó de ser un hereje y enemigo de la verdadera fe.

Las calumnias encontraron un terreno propicio para florecer, toda vez que el catolicismo se hallaba a la defensiva frente a los efectos de la reforma luterana. En este contexto, cuestiones como los cráteres en la Luna o las manchas solares podían interpretarse como ataques directos a un ser divino cuya creación supuestamente era perfecta. Las estrellas que no podían verse sin telescopio tampoco tenían sentido en un universo donde se suponía que toda la creación existía para deleite del hombre.

El Tribunal del Santo Oficio tomó nota de la controversia y muy especialmente de los intentos del matemático al servicio del duque de Toscana por obtener evidencias a favor del sistema copernicano.

Una de las más importantes tenía que ver con las observaciones de Venus y sus fases, porque se trataba de un fenómeno imposible de explicar tomando como base el “marco teórico” aristotélico-tolemaico. Pero esta prueba perdía gran parte de su fuerza cuando se

¹⁷⁹ Fierro y Herrera, *op. cit.*, p 71.

¹⁸⁰ Domínguez y Fierro, *op. cit.*, p 73.

¹⁸¹ Hawking, *op. cit.*, p 354.

consideraba que “el sistema planetario del astrónomo danés Tycho Brahe cogía por los cuernos la cuestión de Venus y, además hacía posible que la Tierra permaneciera inmóvil¹⁸²”.

Parecía ser más sólida como prueba la idea de que la Tierra era una especie de gran vasija que al desplazarse en los términos descritos por Copérnico provocaba que el agua de los océanos se moviera. Johannes Kepler tenía una hipótesis propia, que suponía la existencia de algún tipo de relación entre la Luna y las mareas. Sin embargo, el pensamiento del alemán “estaba lleno de alusiones místicas (...) que eran por completo ajenas a la mentalidad estrictamente lógica¹⁸³” del italiano.

¹⁸² Sobel, *op. cit.*, p 81.

¹⁸³ *Ibidem*, p 83.

4.3 CRÓNICA DE UNA SENTENCIA ANUNCIADA

Los dos máximos sistemas

Fue el 22 de junio de 1633 cuando Galileo Galilei abjuró públicamente de las ideas cosmológicas que había defendido en sus textos y presentaciones públicas. Pero la cadena de acontecimientos que condujeron a los sucesos de aquella mañana veraniega encuentra su primer eslabón casi veinte años atrás.

Galileo viajó a Roma para presentarle su *Tratado sobre las mareas* a Paulo V, con la esperanza de conseguir un aval de la santa sede que ayudara a legitimar las ideas plasmadas en la obra mencionada. El Sumo Pontífice no leyó ni una sola página, pero sí convocó a un grupo de consejeros para que decidieran si había o no contenidos contrarios a la fe en las tesis de Copérnico.

Además de herética –concluyó el panel de teólogos en 1616- la idea de que el Sol permanece fijo en el centro del universo con la Tierra girando a su alrededor era absurda y falta de fe. En consecuencia, se ordenó la suspensión de *Sobre las revoluciones de las órbitas celestes* hasta que fuese corregido y –tres años más tarde- se incluyó en el índice de libros prohibidos la primera parte de un *Resumen de la astronomía copernicana*, cuyo autor respondía al nombre de Johannes Kepler¹⁸⁴.

A Galileo Galilei se le advirtió que hacía mala ciencia cuando enseñaba el sistema copernicano como si se tratara de un hecho, por lo cual un cardenal de apellido Bellarmino le “recomendó” que dejara de hacerlo. Pero ni su nombre ni el de sus libros aparecieron en el edicto a través del cual la iglesia hizo pública su posición pública sobre el modelo heliocéntrico.

Siete años más tarde, Galileo se enteraría de que fue el cardenal Barberini –ahora convertido en el papa Urbano VIII- quien había hecho eliminar la palabra “herejía” del edicto oficial. El nuevo obispo de Roma también le dijo a su viejo amigo que podría publicar lo que quisiera, siempre y cuando se refiriera al heliocentrismo como una hipótesis.

¹⁸⁴ A pesar de su nombre, esta obra consistía en un compendio de la cosmovisión kepleriana, incluyendo las leyes planetarias, las armonías musicales y los sólidos perfectos.

Durante todo ese tiempo el astrónomo italiano se había abstenido de difundir por escrito sus ideas. Parcialmente para evitar enfrascarse en nuevos conflictos con sus críticos y parcialmente porque “él debió haber sabido (...) que su derrota (en 1616) se debió realmente al hecho de que había sido incapaz de aportar las pruebas requeridas¹⁸⁵”. Pero el espaldarazo que le había dado el sucesor de Paulo V revivió su interés por encontrarlas.

Hacia 1624 comenzó a escribir *Dialogo sobre el flujo y reflujo de las mareas* y en él volcó “toda la energía que su ciencia, su religión, su experiencia vital y su instinto para la creación teatral le permitieron¹⁸⁶”.

El libro da cuenta de la discusión en la que se han enfrascado un partidario de Aristóteles y Tolomeo llamado Simplicio y un copernicano que responde al nombre de Salviati. Ambos tratan de convencer a Sagredo, un hombre ilustrado y receptivo, sobre la veracidad de sus respectivos puntos de vista.

Los diálogos se desarrollan durante cuatro días, a lo largo de los cuales Salviati refuta las explicaciones de Simplicio a favor de la inmovilidad del mundo y sus críticas a la cosmovisión copernicana. En algunos casos hace propios los argumentos del polaco; en otros plantea ejemplos prácticos para explicar por qué no percibimos el movimiento de la Tierra ni salimos disparados al espacio exterior; y en varios más hace referencia a las lunas de Júpiter, las fases de Venus, las manchas solares y el movimiento de los océanos.

Aunque hoy sabemos que sus ideas sobre las mareas fueron incorrectas, Galileo verdaderamente creía en ellas. Pero tal vez no pueda decirse lo mismo de otros argumentos que puso en boca de Sagredo para defender la superioridad del sistema copernicano. Dicho personaje señala que Copérnico sólo tuvo que poner a la Tierra en movimiento para prescindir de los epiciclos usados por Tolomeo al momento de explicar las aparentemente caprichosas trayectorias de los planetas. “Pero no dice ni una palabra sobre el hecho de que Copérnico también necesitó un gran juego de epiciclos; guarda silencio sobre la

¹⁸⁵ Koestler, *op. cit.*, p 471.

¹⁸⁶ Sobel, *op. cit.*, p 143.

excentricidad de las órbitas (...), el hecho de que el Sol no está en el centro de los movimientos ni tampoco en el mismo plano¹⁸⁷”.

El libro vio la luz en febrero de 1632, pero su título original había sido reemplazado por el de *Dialogo sobre los dos máximos sistemas del mundo: tolemaico y copernicano*. Urbano VIII consideraba que *Dialogo sobre el flujo y reflujo de las mareas* hacía demasiado énfasis en las pruebas físicas y fue él precisamente quien sugirió el nuevo nombre. Además, los censores de la inquisición le pidieron reescribir el prólogo y el epílogo para dejar en claro que el modelo heliocéntrico era una simple hipótesis.

El primer ejemplar que salió de la imprenta fue entregado al gran duque de Toscana y el resto se vendió tan pronto como apareció en los estantes de las librerías en Florencia, Bolonia y otras ciudades. Pero más importante que las ventas era el hecho de que quienes lo leían terminaban aceptando el sistema copernicano.

Licencia revocada

Aunque el autor no suscribía formalmente ninguna de las posiciones que defendían los personajes de sus *Diálogos* y expresaba su total respeto al edicto de 1616 en el nuevo prólogo, había cometido una serie de pecados capitales que constituyeron la semilla de su propia desgracia.

En primer lugar, la obra no estaba escrita en latín, sino en italiano, lo cual la hacía accesible a un mayor número de lectores. Por otro lado, los argumentos más sólidos eran los de Sagredo y el que se refería a las ideas copernicanas como hipotéticas solía ser Simplicio. Adicionalmente, las características de este último hicieron pensar a muchos lectores que en realidad se trataba de una caricatura de Urbano VIII.

El Sumo Pontífice se sintió engañado por su viejo amigo y la admiración que sentía por él se convirtió “en la furia de un amante traicionado¹⁸⁸”. Pero ése no era el mayor de sus problemas, pues las deudas papales estaban creciendo como la espuma debido a los gastos

¹⁸⁷ Koestler, *op. cit.*, p 483. De acuerdo con el autor, esto no obedecía a un intento por simplificar los hechos, sino a la intención de distorsionarlos en aras de dar más fuerza al modelo de universo que estaba defendiendo.

¹⁸⁸ *Ibidem*, p 490.

bélicos derivados de su intervención en la llamada guerra de los treinta años frente a los protestantes alemanes

“Los enemigos de Galileo, que eran legión, vieron en el *Diálogo* una alabanza escandalosa de Copérnico. Y el Papa, acusado ya en público de hacer decaer la devoción católica en los frentes de batalla europeos, no podía permitir que otra afrenta similar quedara sin castigo¹⁸⁹”. Así que nombró una comisión para que reevaluara los contenidos del texto

Apenas habían transcurrido poco más de seis días desde la aparición del *Diálogo* cuando la iglesia emitió una orden para suspender la venta de un libro al que algunos ya estaban empezando a considerar más peligroso que todos los escritos de Lutero juntos y exigió a su autor presentarse en Roma.

Con su salud seriamente disminuida, Galileo solicitó indulgencia para no tener que desplazarse de Florencia a la ciudad eterna. Esta petición fue rechazada, pero al menos se le otorgaron algunas consideraciones: no emprendió el viaje encadenado, sino en una litera y al ritmo que sus enfermedades se lo permitían; otra deferencia fue que, al llegar a su destino recibió un permiso para hospedarse en la embajada de Toscana.

Culpable por decreto

“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, el desafío de los descubrimientos radicalmente nuevos ante las antiguas ciencias, la batalla de la libertad de conciencia y de expresión contra la intolerancia¹⁹⁰”.

Era obvio que las ideas plasmadas en el *Diálogo* constituían el germen del juicio que comenzó el 12 de abril de 1633. Pero formular cargos en ese sentido también habría comprometido a los censores que revisaron el libro y dieron su aval para que fuese publicado.

¹⁸⁹ Sobel, *op. cit.*, p 217.

¹⁹⁰ *Ibidem*, p 217.

Desafortunadamente para el físico y astrónomo, los archivos del Santo Oficio contenían una serie de documentos relacionados con las investigaciones de 1616 pero que no formaban parte del edicto ni contenían las advertencias que le fueron hechas de manera extraoficial. Lo que podía leerse en esos expedientes era que el autor de *La gaceta sideral* y *Cartas sobre las manchas solares* no debía “ni sostener, ni defender, ni enseñar de ningún modo las ideas copernicanas¹⁹¹”.

No sólo se le acusó de haber desobedecido ese mandato, sino también de haber engañado a Urbano VIII y a los inquisidores cuando les mostró su *Diálogo* a sabiendas de que estaba violentando el estado de derecho (diríamos en nuestro tiempo).

Galileo se defendió argumentando que el cardenal Bellarmino no le había prohibido hablar del heliocentrismo mientras lo tratara como hipótesis y explicando que ése era justamente el modo en que lo presentaba su obra de 1632. Sin embargo, la comisión papal encargada de revisarla encontró que el texto “enseñaba la teoría de Copérnico con cierto énfasis, a fin de difundirla¹⁹²”.

El astrónomo de casi setenta años estaba tratando de jugar sus cartas lo mejor que podía y eso hubiera bastado para salir bien librado en un proceso verdaderamente imparcial. Por desgracia para él, estaba enfrentándose a la iglesia católica: la misma institución que había mandado al diablo –o al infierno, mejor dicho- a la filósofa Hipatia, a Juana de Arco y a Giordano Bruno.

El tribunal halló al acusado “altamente sospechoso de herejía principalmente por haber sostenido y creído en la doctrina (...) de que el Sol es el centro del mundo y no se mueve de oriente a occidente y que la Tierra se mueve y no es el centro del mundo¹⁹³”. 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 tuvo lugar en el Convento de la Minerva. Galileo lo hizo vistiendo la túnica blanca de los penitentes, arrodillado y con las manos puestas sobre la Biblia:

¹⁹¹ Citado en Koestler, *op. cit.*, p 492.

¹⁹² Domínguez y Fierro, *op. cit.*, p 15.

¹⁹³ Citado en Sobel, *op. cit.*, p 259.

Yo, Galileo Galilei, hijo del fallecido Vincenzo Galilei de Florencia, de setenta años de edad (...) tras haber sido notificado de que dicha doctrina (las ideas de Copérnico) es opuesta a las Sagradas Escrituras, escribí y di a la imprenta un libro en que trato de dicha doctrina ya condenada, y presento argumentos de mucha eficacia en su favor, sin llegar a ninguna conclusión: he sido hallado vehementemente culpable de herejía...

*...Sin embargo, deseando eliminar de las mentes de vuestras Eminencias y de todos los fieles cristianos esta vehemente sospecha razonablemente concebida contra mí, abjuro con corazón sincero y piedad no fingida, condeno y detesto los dichos errores y herejías (...) contrarios a la Santa Iglesia Católica.*¹⁹⁴

Se cuenta que al terminar de leer el texto que le habían proporcionado pronunció en voz baja “*eppur si mouve*” (sin embargo se mueve), pero no existen evidencias históricas de que así haya sucedido. La poca determinación que le quedaba, la había utilizado para convencer a los oficiales de que eliminaran los párrafos de la abjuración en donde se insinuaba que no había sido un buen católico y que había engañado para obtener el permiso de impresión del *Diálogo*.

La sentencia original lo obligaba a pasar el resto de su vida en lo más profundo de un calabozo. Posteriormente se le conmutó por lo que hoy llamaríamos arresto domiciliario, cerca de Florencia. Podía recibir visitas y escribir lo que deseara, aunque no publicarlo. Aprovechó ese beneficio para escribir *Diálogo sobre dos nuevas ciencias*¹⁹⁵, cuyo manuscrito fue llevado en secreto a la Europa protestante hacia 1638.

Epílogo

Urbano VIII negó la autorización para 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. Tampoco levantó la prohibición que pesaba sobre sus libros, que se mantuvo durante otros 180 años.

En 1979, Juan Pablo II reconoció que la iglesia católica podría haberse equivocado al condenar a Galileo y en 1982 integró una comisión multidisciplinaria para reabrir el caso.

¹⁹⁴ Citado en Hawking, *op. cit.*, p 351.

¹⁹⁵ Las dos nuevas ciencias eran la resistencia de materiales y el estudio del movimiento.

“Cuatro años más tarde, la comisión concluyó que Galileo no debería haber sido condenado, y la Iglesia publicó todos los documentos relevantes de su juicio. En 1992, el Papa asumió las conclusiones de la comisión¹⁹⁶”.

Si los espíritus de Johannes Kepler y Galileo Galilei todavía se encuentran en algún lugar del cosmos, estoy seguro de que ambos habrán sabido apreciar el gesto del Vaticano. Pero me atrevería a decir que, ni siquiera ellos, se sintieron tan felices como el propio Dios, pues ya nadie podrá acusarlo de hereje por haber puesto al planeta Tierra girando alrededor del Sol en un punto que está muy lejos del centro del universo.

¹⁹⁶ Hawking, *op. cit.*, p 356.

V – AL SERVICIO DE LA CIENCIA

Aférrate a este cielo y brillarás. Joven, ¡vuélvete una leyenda!

*La tesis de un ángel cruel*¹⁹⁷

5.1 ¿CUÁLES SON LOS ASPECTOS DE LA VIDA Y OBRA DE JOHANNES KEPLER Y GALILEO GALILEI QUE PUEDEN PONER EN CONTACTO AL LECTOR DE UN RELATO CON EL MÉTODO DE LA CIENCIA?

Había una vez un paradigma...

Lo que la humanidad podía percibir del universo en el siglo XVI, todavía parecía confirmar la validez de un geocentrismo que contaba con la mayoría de los atributos deseables en todo conocimiento científico: estructura lógica, parámetros de medición, capacidad predictiva y un margen de precisión superior al de sus predecesores.

De ahí que resulte incompleto –aunque no por ello falso- el relato que presenta a Copérnico, Kepler y Galileo como paladines de la verdad que se enfrentaron al dogmatismo y a la ignorancia. Lo que en realidad hicieron estos pensadores fue construir y consolidar una cosmovisión alterna: el polaco puso al Sol en el centro del universo, el alemán reemplazó las combinaciones de círculos por elipses y el italiano documentó fenómenos imposibles de explicar si se coloca a nuestro mundo en medio del cosmos.

Todos esos elementos convirtieron al nuevo paradigma planetario en una opción cada vez más sólida, más viable y más verosímil, pero no irrefutable. Esta última característica brilla por su ausencia en las páginas de *Sobre las revoluciones de las órbitas celestes*, *Las armonías del mundo* y *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo*. Fue Isaac Newton quien explicó en sus *Principios matemáticos de la filosofía natural*, por qué los planetas tienen que moverse alrededor del astro rey y no puede suceder lo contrario.

No obstante, a la luz de un proceso consumado –en nuestro cuántico y digitalizado siglo XXI es claro que la Tierra gira alrededor del Sol- parece sensato asumir que los astrónomos

¹⁹⁷ Tema principal de la serie de anime *Neon Genesis Evangelion* (Gainax, 1995).

de la Europa renacentista estaban intelectualmente obligados a abrazar de inmediato la modernísima idea de que nuestro mundo se movía.

¿En serio?

En honor a la verdad, buena parte de aquellos académicos¹⁹⁸ reaccionaron tal como harían sus colegas en nuestro tiempo: tratando de expandir los límites del paradigma que tan bien les había funcionado durante centurias y buscando fallas o inconsistencias en las explicaciones alternativas antes de pensar, siquiera, en apostar por ellas¹⁹⁹. Es así como funciona la ciencia normal y, en este sentido, fue bastante meritoria la cosmovisión propuesta por Tycho Brahe.

Claro que la rivalidad entre los dos máximos sistemas del mundo nunca se redujo a la confrontación de argumentos estrictamente racionales. Si ése hubiera sido el caso, tendrían razón quienes perciben a la ciencia y a su método como una especie manecilla que siempre viaja al mismo ritmo y en la misma dirección a través de la carátula de un reloj suizo.

Método a la carta II

La siguiente tabla ilustra los principales factores que afectaron el modo en que Johannes y Galileo llevaron a cabo sus investigaciones.

	JOHANNES KEPLER	GALILEO GALILEI
Ortodoxia vigente.	Cosmovisión geocéntrica de Tolomeo. Ideas filosóficas de Aristóteles.	
Paradigma alternativo.	Cosmovisión heliocéntrica de Nicolás Copérnico.	
Base tecnológica.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Imprenta. ➤ Instrumentos de observación para ubicar las posiciones planetarias. ➤ El telescopio no podía revelar más de seis planetas. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Imprenta. ➤ El telescopio sí podía revelar nuevas características de la luna y los planetas conocidos.

¹⁹⁸ Utilizo la expresión “buena parte” porque mi argumento excluye a los profesores que ni siquiera tuvieron la decencia de mirar a través del telescopio.

¹⁹⁹ Eso fue justamente lo que hizo la comunidad médica del mundo cuando a sus consultorios empezaron a llegar las primeras víctimas de una misteriosa enfermedad que actualmente llamamos SIDA. Para más información véase Lapierre Dominique, *Más grandes que el amor*, México, Planeta, 1990, 396 pp.

Capital cultural.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Vista del cometa junto a su madre. ➤ Acceso a la educación formal. ➤ Su relación con Dios tras haber sobrevivido a la viruela. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Influencia paterna. ➤ Acceso a la educación formal. ➤ Construcción de artefactos.
Ideas preconcebidas.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dios como el divino geómetra. ➤ Obsesión por las mediciones. ➤ Armonía de las esferas. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Escepticismo sistemático. ➤ Valor de la experimentación.
Uso del método científico.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ A priori-deductivo. ➤ Hipotético-deductivo. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Inductivo-deductivo.
Error humano.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sus tres leyes tuvieron como punto de partida una hipótesis que asumía la existencia de cinco sólidos separando a seis planetas girando en círculos perfectos. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cuando sus predicciones sobre los objetos en caída libre no se cumplieron, identificó en la resistencia del aire un factor de distorsión.
Flexibilidad interpretativa.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ La idea de que los sólidos perfectos podían servir para establecer las distancias que separaban a las órbitas. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Al usar el telescopio para estudiar el cielo, le atribuyó un significado que originalmente no tenía.
Capital social.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Apoyo de mecenas y mentores. ➤ Aprovechó su relación con Tycho Brahe para acceder a los mejores instrumentos y archivos de la época. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Apoyo de mecenas y mentores. ➤ Aprovechó su relación con Cosme de Medicis para aumentar su estatus académico y el eco de sus opiniones.
Búsqueda de crédito.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sus predicciones astrológicas le otorgaron, en vida, más dinero y reconocimiento público que sus obras científicas. ➤ <i>Misterio del cosmos</i> lo llevó a convertirse en colaborador de Tycho Brahe. ➤ Presentó su visión cósmica como una simple mejora de la propuesta copernicana. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Parte de su credibilidad descansaba sobre sus conferencias y demostraciones públicas. ➤ Aprovechó el telescopio y <i>La gaceta sideral</i> para conseguir fama y dinero. ➤ Su defensa del modelo copernicano abordándolo como una descripción del mundo real detonó el proceso en su contra.

En este esquema pueden identificarse algunas variables comunes, como el acceso a la imprenta, el uso de herramientas científicas y la influencia de las ideas de Copérnico, así como también la presencia de mecenas que contribuyeron a impulsar sus carreras y profesores que desempeñaron un papel decisivo en su formación.

En cuanto a las diferencias, antes de profundizar en ellas, conviene hacer una precisión sobre el uso del término método científico.

Usando el espejo retrovisor

Incluso si se asume la existencia de distintos métodos científicos, sería impreciso afirmar que Galileo Galilei y Johannes Kepler se apropiaron de alguno. Por la simple y sencilla razón de que ellos nunca conocieron esta herramienta intelectual ni fueron educados en su uso. Una persona puede apropiarse de lo que otras ya han construido, como sería el caso del estudiante que aprende sobre la existencia de uno o varios métodos escuchando a sus profesores (o leyendo los textos citados en el primer capítulo de la presente investigación) para luego adaptarlo de acuerdo con sus necesidades, sus recursos, sus motivaciones y sus referentes culturales.

Entonces, cuando estos personajes efectuaron sus trabajos, no se estaban apropiando de un método como tal, sino de prácticas que, en aquella época, tenían más relación con el comercio (medición), la milicia (observación), la astrología (cálculos matemáticos) y la filosofía (argumentación lógica) que con el estudio de la naturaleza. Y el modo en que lo hicieron sí puede ser explicado en términos de las diversas etapas de lo que hoy llamamos método científico.

No es casual que Galileo sea llamado el padre de la ciencia²⁰⁰. Sus investigaciones “se parecen” a nuestra idea del método inductivo-deductivo, toda vez que buena parte de ellas

²⁰⁰ Tal vez sería más justo afirmar que la ciencia moderna tuvo varios padres. Entre ellos, un contemporáneo de Galilei llamado William Harvey. Él también cuestionó las enseñanzas del clásico Aristóteles, basó sus críticas en experimentos, trabajó al amparo de la nobleza y tuvo que lidiar con detractores de sus ideas. Pero el campo que se benefició de sus aportaciones fue la medicina. Destacan sus descubrimientos sobre el sistema circulatorio en el sentido de que el corazón hacía moverse a la sangre y no viceversa (como sostenía la ortodoxia de aquella época) y sus observaciones sobre el desarrollo del embrión. Para más información véase Valek, Gloria, “William Harvey: el corazón y la experimentación en la ciencia”, *¿Cómo ves?*, Año 11, No. 121, p 16..

se basaron en la observación de casos específicos (el candelabro que oscilaba en una iglesia) a partir de los cuales se plantearon hipótesis generales que luego fueron puestas a prueba (las balas de cañón arrojadas desde una torre) a través de experimentos y derivaron en leyes generales.

Su estudio del firmamento no tuvo a la experimentación como su pilar más importante, sino a la observación directa. En este caso, los trabajos documentaron detalles morfológicos de algunos astros y la existencia de otros hasta entonces desconocidos, dando seguimiento a sus desplazamientos y posiciones.

Dado que estos fenómenos resultaban incompatibles con las tesis de Tolomeo, Galileo asumió que deberían poder ser explicados mediante las de Copérnico. Pero él no creó un modelo propio, cosa que sí hizo Johannes, a quien se le considera el primer astrofísico. Las tres leyes que llevan su apellido explicaron las trayectorias planetarias, permitieron, “por primera vez, someter al análisis físico las apariencias celestes en toda su complejidad²⁰¹” y propusieron, además, un patrón de comportamiento válido en todo el universo. No llegaron al punto de aclarar la naturaleza de la fuerza que originaba los movimientos, pero sentaron las bases para que trabajos posteriores pudieran hacerlo.

El modo en que Kepler abordó a su objeto de estudio “se parece” más a lo que actualmente llamamos método a priori-deductivo. Especialmente ilustrativo resulta el peso que tuvieron en sus primeros “marcos teóricos” cuestiones como los cinco sólidos perfectos, la armonía y la perfección geométrica del universo. Elementos sin los cuales no podrían comprenderse sus numerosos intentos por mantener al immaculado círculo como la piedra angular de su cosmovisión.

No obstante, el proceso por el cual las órbitas perfectamente redondas se transformaron en otras más aplanadas, “se parece” al deber ser del método hipotético-deductivo, porque dicho reemplazo fue consecuencia de haber cotejado una serie de ideas preconcebidas con la evidencia observacional.

El producto final, en todos los casos, fue la generación de conocimiento igualmente válido y verificable, independientemente de cómo fue construido.

²⁰¹ Kuhn, *op. cit.*, 1996, p 314.

Ahora bien, los aspectos particulares sobre el modo en que los dos personajes que nos ocupan echaron mano de eso que hoy llamamos método científico, podrían ser un buen punto de partida para argumentar que quizá ellos no contribuyeron a crear ningún conjunto de reglas digno de convertirse en canon.

O, por el contrario, podrían sustentar la tesis de que dicho canon existe como entidad mental, pero que su aplicación en la vida cotidiana no es comparable, en modo alguno, a lo que hacen quienes preparan una deliciosa cena siguiendo con toda precisión las recetas de los distintos platillos.

Educación, planes de trabajo y errores humanos

Mientras los institutos y universidades transmiten a quienes pasan por sus aulas los fundamentos de la ortodoxia vigente, los pensadores que logran ir más allá de la ciencia normal se distinguen por su capacidad para plantear y resolver problemas en términos poco ortodoxos. Este fenómeno ha contribuido a alimentar la imagen del brillante científico que fue un mal estudiante (¿alguien dijo Albert Einstein²⁰²?) o nunca logró titularse (como fue el caso de Galileo).

Esta idea es sólo parcialmente cierta, porque ignora el hecho de que todas las teorías científicas -sin importar cuán revolucionarias sean - se construyen utilizando los conceptos y herramientas metodológicas que se enseñan en los colegios. Ése es el lenguaje común al que alude, entre otros, Mario Bunge.

Así, los sistemas de educación formal fomentan la homologación de los estudiantes en lo relativo a la adquisición de ciertas habilidades. Pero, al mismo tiempo, constituyen espacios de diferenciación, porque en ellos cada individuo despliega su talento individual, los conocimientos adquiridos fuera de las aulas y las experiencias acumuladas a lo largo de la vida. Un conjunto de saberes y capacidades que, al amalgamarse con los conocimientos académicos incrementa el capital cultural de las personas.

²⁰² En realidad, las calificaciones del físico alemán nunca estuvieron por debajo del promedio, pero tardaba mucho en responder a las preguntas que le hacían sus profesores y eso los desesperaba. Después de todo, aquellos docentes habían sido formados bajo la creencia de que golpear con una vara las manos de los chicos que tardaran en contestar era un buen modo de enseñarlos a pensar con rapidez. Para más información, véase (entre otros) De la Peña, Luis, *Albert Einstein: navegante solitario*, México, F.C.E., 1987, 151 pp.

Bajo la tutela de su padre, Galileo tuvo una formación multidisciplinaria, aprendió a trabajar con sus manos, supo que podían desarrollarse técnicas o idearse métodos no contemplados por la ortodoxia del momento y comprendió la importancia de privilegiar la calidad de los argumentos por encima del principio de autoridad.

El joven tenía todo lo necesario para convertirse en científico. Menos el deseo de serlo. Recordemos que su intención original era unirse a una orden religiosa y fue la falta de recursos el factor que lo obligo a cambiar el convento por la universidad. Aunque, una vez ahí, combinó la instrucción que estaba recibiendo con el capital cultural que ya poseía y que le otorgaba una ventaja competitiva sobre sus compañeros.

Johannes también asistió a la escuela porque su familia percibía en ella una esperanza de movilidad social, pero no tuvo una infancia tan afortunada ni un padre que valiera la pena. Aunque el cometa que vio junto a su madre cuando apenas era un niño puede explicar su interés por la bóveda celeste, muchos geocentristas empedernidos –empezando por el gran Tycho Brahe- habían tenido experiencias comparables.

¿De dónde saco este protestante el capital cultural que le otorgaría sus ventajas competitivas al momento de hacer ciencia?

De su singular relación con Dios y de su obsesión con las mediciones. Cuando supo del heliocentrismo, no lo adoptó por razones técnicas, sino porque lo interpretó como una metáfora del creador en el centro de todo lo existente. Además, solamente un tipo lo bastante neurótico y perfeccionista como para calcular el tiempo que le había tomado abandonar el útero de su madre, podría haber desechado el modelo planetario basado en círculos al que tantos años le había dedicado, tan solo para corregir un pequeñísimo error de ocho minutos.

¿Y por qué estaba Johannes tan seguro de que la falla estaba en sus cálculos y no en los archivos heredados de Brahe?

En realidad, no tenía muchas opciones. Su convicción –la cual comparto- en el sentido de que el danés había sido un observador esculpido a mano por la Diosa Divina no puede hacernos pasar por alto dos factores de carácter más terrenal: 1) la imposibilidad de obtener

en aquella época registros más exactos que los de su ex colega y 2) verificar las observaciones nuevamente tampoco era una opción viable (dadas las deficiencias visuales de Kepler).

A propósito de errores, Galileo incurrió en uno de cinco centímetros cuando puso a prueba sus ideas sobre los objetos en caída libre. No obstante, de las declaraciones lanzadas a sus detractores puede inferirse que él no atribuyó dicha imprecisión a fallas en sus cálculos y optó por abordar el problema desde la perspectiva de quien está acostumbrado a construir artefactos y a diseñar experimentos para verificar sus hipótesis: identificando probables factores de distorsión (resistencia del aire) imposibles de eliminar –o al menos cuantificar– con las herramientas a su alcance.

Con el paso de los años, consiguió “formular una descripción matemática del movimiento de los cuerpos²⁰³” y la expuso en su *Diálogo sobre dos nuevas ciencias*. La mayoría de las fuentes consultadas reconocen a este texto como el más importante de la obra galileana (desde el punto de vista científico), pero también señalan que –a pesar de haberse escrito en italiano y no en latín– su lectura exigía la comprensión de algunos conceptos que la hacían árida y poco accesible para los no iniciados.

En contraste, los trabajos del padre de la ciencia en materia de astronomía, no solamente se apoyaron en cálculos accesibles para una minoría ilustrada, sino también en una especie de campaña publicitaria que no hubiera sido posible sin la existencia del invento que puso al alcance del gran público la posibilidad de observar directamente los secretos develados en la *Gaceta sideral*.

Ciencia, mercadotecnia y divulgación: el triunfo del perspicillum

Galileo siempre reconoció que su catalejo era solamente una versión propia de artefactos ya existentes. Pero las razones por las que su nombre sigue siendo el primero que viene a la mente de cualquiera que escuche la palabra “telescopio”, tienen que ver con uno de los aspectos en donde puede apreciarse de manera más clara la naturaleza social de la ciencia: la difusión de lo que se ha descubierto.

²⁰³ Bernal, *op. cit.*, p 410.

Vayamos por partes. Incluso durante la época dorada del sistema tolemaico, “nadie pensaba que esos epiciclos y ecuantes describieran en absoluto la realidad²⁰⁴”. Simplemente se le concebía como una serie de artilugios geométrico-matemáticos para predecir los movimientos de los cuerpos celestes. No es de extrañar, entonces, que *Sobre las revoluciones de las órbitas celestas*, haya sido visto durante los años posteriores a su aparición como un modelo alternativo que tampoco reflejaba la estructura física del universo.

El panorama comenzó a cambiar cuando Galilei dio a conocer lo que había visto. Y para poder hacer eso, el entonces profesor de la universidad de Padua tuvo que echar mano de destrezas y saberes adquiridos fuera y dentro de la universidad (tallar una lente, localizar un planeta, etcétera). Sin embargo, el hecho de haber tomado al juguete de moda en las tiendas parisinas para convertirlo en un instrumento científico no puede explicarse solamente a partir de su capital cultural y se vuelve imprescindible recurrir a la palabra genialidad.

Un término más preciso desde el punto de vista de un reporte académico –aunque tal vez no si se piensa en un artículo de divulgación- para describir lo que hizo Galileo es el de “flexibilidad interpretativa”, porque él vio en aquellos catalejos holandeses un conjunto de significados y funciones completamente diferentes a las que le estaban atribuyendo sus fabricantes.

Entonces, la versión galileana del perspicillum, no respondía tanto al mero interés de fabricar una herramienta más potente (y a la capacidad de construirla), como a la intención de poner esa mejor tecnología al servicio de una buena idea. O de dos buenas ideas, si se toman en cuenta las demostraciones hechas al Senado de Venecia y sus efectos.

Pero, además de beneficios materiales, el telescopio también cambió la vida de Galileo en diferentes ámbitos:

- Desde el punto de vista de la ciencia, los fenómenos reportados estaban más allá de lo que podía explicar la ortodoxia vigente y parecían sugerir que la realidad era, de hecho, muy similar a la cosmovisión copernicana.

²⁰⁴ Bowler y Rhys, *op. cit.*, p 36.

- Desde el punto de vista de la divulgación científica, las páginas de la *Gaceta sideral* dejaban en claro que los descubrimientos no habían sido hechos con alguna técnica reservada a los eruditos, sino utilizando el mismo instrumento que tan maravillosamente funcionaba en lo más alto del campanario veneciano. Los cálculos y demostraciones que siempre habían aparecido en los textos de astronomía ahora estaban acompañados de una experiencia sensorial.
- Desde el punto de vista de las relaciones públicas, Galileo aprovechó los planetas médecos para mejorar su prestigio académico, pasando de ser un profesor de matemáticas en Padua a matemático y filósofo en una de las cortes más importantes del viejo mundo. Este nuevo estatus, empero, llevaba consigo la obligación de comentar el impacto filosófico de los descubrimientos. Y en ese contexto, quitar a la Tierra del lugar en que la había puesto Tolomeo implicaba, sacar a los hijos de Dios y a su Santa Madre Iglesia del centro de la creación.

Da la impresión de que el autor de *La gaceta sideral* había medido perfectamente la relación costo-beneficio de dar a conocer los resultados de sus observaciones y el modo en que las había obtenido. Sin embargo, el cálculo no fue igual de certero en el caso del *Dialogo sobre los dos máximos sistemas del mundo*, porque ahí Galileo, subestimó la fuerza de sus adversarios y sobreestimó la de sus amigos.

Tampoco ayudó el hecho de que una de esas amistades (Urbano VII) hubiese sido caricaturizada bajo la máscara de Simplicio, ni las libertades que se tomó para atribuir a la cosmovisión del astrónomo polaco una simpleza que, en realidad, no tenía.

Kepler, por su parte, no tuvo que lidiar con esta clase de problemas cuando publicó *Las armonías del mundo*, porque siempre se refirió a los resultados de sus investigaciones como elementos que contribuían a refinar el modelo de Copérnico. Aún así, su propuesta fue criticada por teólogos protestantes, pero no existía en la Europa luterana ninguna institución que monopolizara la interpretación de la Biblia como sí era (y sigue siendo) el caso del Vaticano en el mundo católico.

Ni contigo, ni sin ti

Kepler nunca pudo traducir sus aportaciones a la ciencia en una fuente de ingresos estable y, de hecho, la mayor parte del dinero que recibió a lo largo de su vida fueron los pagos por su trabajo como astrólogo.

Misterio del cosmos no constituyó para su autor una fuente de fama y reconocimiento público tan grande como las tres certeras predicciones de 1595. Pero sí le reportó un beneficio nada despreciable, porque gracias a este libro su nombre y sus ideas llegaron al suntuoso observatorio de Tycho Brahe.

La ríspida relación entre el danés y el alemán, puede ser vista desde dos ángulos diferentes. Desmitifica la romántica idea de que los científicos siempre están dispuestos a colaborar con sus pares o a compartir sus descubrimientos con las nuevas generaciones. Y, al mismo tiempo, reivindica a dos personajes que fueron capaces de anteponer su pasión por el cosmos sobre sus numerosas diferencias.

Motivados, desde luego, por un pragmático sentido de conveniencia mutua que encarna y simboliza el matrimonio entre la observación y la teorización (los dos pilares más importantes del método científico), los protagonistas de esta tormentosa relación también constituyen un buen ejemplo de la importancia que tuvo –y todavía tiene- el mecenazgo para el desarrollo de la ciencia básica, es decir, aquella que no tiene como intención primaria el diseño de artefactos comercialmente viables.

Además de un salario y un puesto de trabajo, el astrónomo de la nariz dorada puso a disposición de su protegido instrumentos de medición y registros de sus observaciones. Claro que gran parte de esos recursos se los dejó después de haber muerto. Pero su principal herencia en vida fue haberle encargado determinar la órbita de Marte, porque ese proyecto encerraba la “pregunta eje” que, una vez resuelta, le permitió a Johannes replantear y resolver definitivamente el problema de las distancias entre las órbitas de los planetas.

Así, dos líneas de trabajo que al principio nada tenían que ver una con otra, terminaron legitimándose entre sí. Kepler jamás hubiera podido formular las leyes que constituyen una

de las páginas más brillantes en la historia de la ciencia si no hubiese tenido acceso a los magníficos registros de Brahe. Y estos, a su vez, no habrían pasado de ser un simple pie de página en los libros de astronomía si a nadie se le hubiese ocurrido aprovecharlos para elaborar una teoría.

El mito que se volvió ley

Si en la biografía del primer astrofísico pudiera establecerse un momento comparable al de Galileo cuando pensó en utilizar el telescopio para observar la bóveda celeste, habría que referirse al instante en que se le ocurrió que los cinco sólidos perfectos le permitirían establecer las distancias entre las órbitas de los seis planetas.

Ese razonamiento descansaba sobre un hecho a todas luces falso, porque Urano y Neptuno (y Plutón, añadirían los astrónomos del siglo XX) siempre han estado girando junto a sus hermanos alrededor del Sol.

Aún así, el espíritu motivador de esa idea “se parece” mucho a lo que hicieron los antiguos egipcios cuando imaginaron que el mundo debía tener un aspecto similar al del entorno que les era familiar. Y también “se parece” a lo que hacen los científicos de nuestro tiempo cuando buscan relaciones armónicas en la naturaleza (patrones de comportamiento) susceptibles de ser descritas mediante números (fórmulas matemáticas).

Lo anterior resulta especialmente válido para la tercera ley, que puede ser expresada como:

$$P^2 = d^3$$

Siendo **P** el tiempo que necesita un planeta cualquiera para dar una vuelta alrededor del Sol y **d** la distancia media entre ambos cuerpos.

La exactitud con que se cumple esta expresión matemática no debería hacernos pasar por alto que el proceso a través del cual el astrónomo alemán llegó a ella estuvo definido, en gran medida, por la intención de obtener un modelo cósmico válido para los planetas que podían verse en aquella época. Porque si el perspicillum hubiese sido bastante más poderoso, los hombres habrían podido registrar la existencia de siete, ocho o nueve planetas

y no solamente de los seis primeros, cuyos cinco espacios interorbitales casualmente coincidían con el número de sólidos perfectos.

¿Otro error humano? No exactamente. O el error, en todo caso, no se debió a una interpretación incorrecta de las observaciones, sino a la existencia de datos imposibles de registrar con los instrumentos de aquel entonces.

Una percepción inexacta del mundo que, paradójicamente, contribuyó a comprenderlo mejor. Y es que cuando aparecieron telescopios capaces de captar a los planetas que habían permanecido ocultos a la vista humana, la evidencia observacional demostró que estos viajaban por el cosmos siguiendo –como es lógico suponer cuando se alude a la validez general del conocimiento científico– los parámetros previstos por las leyes de un astrónomo que tal vez nunca las habría formulado si hubiese tenido la oportunidad de conocerlos.

En resumen, no puede hablarse de que Johannes Kepler y Galileo Galilei se hayan apropiado de un método científico como tal y resulta más apegado a los hechos afirmar que ellos contribuyeron a crearlo, porque el conjunto de técnicas, destrezas y herramientas a las que recurrieron (y de las cuales sí se apropiaron) en sus labores cotidianas es, esencialmente, el mismo que utilizan los científicos de nuestro tiempo.

Desde el punto de vista de la divulgación científica, la vida y obra de estos personajes permite explicitar al gran público el espíritu de un método que no consiste en la repetición secuencial e invariable de las fases que lo comprenden, ni en el estudio de la naturaleza desde una perspectiva unívoca, sino en una herramienta intelectual tan flexible que cada investigador puede moldearla de acuerdo con el contexto social, sus motivaciones y habilidades. A pesar de lo cual, los resultados obtenidos invariablemente cumplen con todos los atributos deseables en eso que llamamos conocimiento científico.

5.2 CONCLUSIONES

- La validez del conocimiento científico descansa sobre la consistencia lógica y la verificabilidad de las proposiciones que lo conforman. Sin embargo, su construcción está influenciada –a veces de modo determinante- por todo aquello que nos hace humanos: desde el pensamiento místico hasta la construcción de herramientas.
- Vistas en retrospectiva, las investigaciones de Kepler y Galileo pueden ser interpretadas como resultado de haber aplicado un método científico. Pero dicho método es una idea concebida *a posteriori* por la comunidad científica para referirse a la cadena de trabajos (hipótesis, observaciones, experimentos, etcétera) que hizo posibles sus descubrimientos.
- Si se considera la taxonomía propuesta por Pérez Tamayo sobre las variantes del método científico, Galileo utilizó principalmente el inductivo-deductivo y Kepler se apoyó en una combinación del a priori-deductivo y el hipotético-deductivo.
- Vistas en retrospectiva, las buenas ideas de los científicos son valoradas en virtud de sus propios méritos, sin importar el nombre y la buena o mala fama de sus autores. Sin embargo, cuando una teoría se da a conocer por primera vez, su éxito o fracaso está relacionado con variables como la reputación de quien las formula, los canales de difusión a su alcance y el peso de las firmas que avalan o critican su trabajo.
- La relación de Johannes con Tycho Brahe, permite poner al público en contacto con varios factores sociales que afectan a la ciencia en su construcción, incluyendo el mecenazgo, la rivalidad entre colegas y el modo en que dos proyectos de investigación, aparentemente independientes, terminan impulsándose y legitimándose mutuamente.
- Los errores en la ciencia no deberían evaluarse bajo parámetros idénticos a los usados en la industria o la administración pública, pero corresponde a los científicos (y junto con ellos a los divulgadores) explicar a la sociedad que el error no deslegitima el valor de la ciencia y, de hecho, posee una ventaja invaluable sobre cualquier proyecto formal: de vez en cuando conduce a soluciones inesperadas y otras veces detona nuevas líneas de investigación.
- Mientras los sistemas tolemaico y copernicano pueden ser concebidos como trajes a la medida para los planetas y trayectorias del Sistema Solar, la cosmovisión

kepleriana descansa sobre tres leyes que proponen un patrón matemático de comportamiento universal, independientemente del número de astros involucrados.

- Pero no basta con construir una buena teoría; es necesario darla a conocer. En este sentido, la historia de Galileo cuenta con los elementos necesarios para que los lectores de un relato identifiquen algunas razones extra científicas por las que el italiano tuvo éxito al posicionar rápidamente su defensa del modelo copernicano.
- Aunque, en sentido estricto, Galileo Galilei, no fue el inventor del telescopio, su versión fue la única cuyo impacto social –diría Langdon Winner- contribuyó a crear un nuevo mundo. Y esto no es consecuencia de la superioridad tecnológica del artefacto, sino de haber encontrado nuevos usos para éste.
- El hecho de que Johannes Kepler y Galileo Galilei hayan podido elevarse por encima de la media de sus colegas es resultante de la convergencia entre su indudable genialidad y los procesos de socialización en los cuales estuvieron insertos. Tal vez en la escuela adquirieron destrezas comunes a todos los astrónomos de la época, pero al combinarlas con un capital cultural que tampoco era representativo del promedio, los dos terminaron re-produciendo una desigualdad que ya existía.
- Los divulgadores tienen el reto de comunicar al gran público los factores que han favorecido u obstaculizado el éxito de diversos descubrimientos científicos, pero teniendo cuidado de no transmitir la percepción de que sólo hace falta contar con un mecenas y hacer una buena labor propagandística para convertir cualquier idea novedosa en una ley consumada. Existen teorías más o menos completas y más o menos elegantes (sencillas) que otras, pero todas comparten el hecho de descansar sobre argumentos lógicos consistentes y verificables. Es a partir de ese común denominador que tienen lugar los debates entre sus respectivos partidarios y detractores.

COMENTARIOS FINALES

Hoy, la abolición de la esclavitud es un hecho, cuando menos en el papel, y sin embargo no podemos hablar en nuestra época de una humanidad libre. En nuestro mundo moderno, para evitar el hambre, cada día millones de trabajadores abdican de su libertad individual. Si vamos a hablar de los países subdesarrollados, el nivel de vida de sus poblaciones expresado en calorías y en proteínas animales, no pasa de aquél que tenían los esclavos embarcados en los navíos negreros en el siglo XVIII (...). Parece que la máquina de Aristóteles ha traicionado sus promesas, o ha sido incapaz de llenar las expectativas ligadas al progreso, que debió garantizar la libertad.

Ikram Antaki²⁰⁵

Pensar y cantar

A medida que completaba la redacción final de este trabajo, me empezaron a parecer más claras las razones por las que Carl Sagan y Enrique Gánem (entre otros) utilizan el término *enamorarse* cuando se refieren al sentimiento que les provoca la ciencia y su divulgación.

El hecho de que la Tierra no sea el centro de todo lo existente, sino un insignificante planeta girando alrededor de una insignificante estrella que se encuentra a 30 mil años luz del centro de una insignificante galaxia puede interpretarse de dos maneras. Es un golpe a nuestro ego como especie, pero también constituye la razón por la cual seguimos preguntándonos qué es y cómo funciona el universo.

Si toda la creación se limitara a los seis mundos que conocieron los astrónomos renacentistas –por no hablar de aquella barca que imaginaban los egipcios- hace mucho que habríamos encontrado una teoría final capaz de describirla con precisión.

Felizmente no es así. Hoy sabemos que nuestra galaxia también viaja a través del cosmos y que los seres humanos estamos hechos, esencialmente, de los mismos elementos que las estrellas. La forma de nuestros cuerpos no obedece al deseo de alguna deidad que nos haya

²⁰⁵ Antaki, Ikram, *Grandes temas*, México, Joaquín Mortiz, 1998, p 76.

creado a su imagen y semejanza, sino a un largo proceso evolutivo iniciado hace miles de millones de años.

Lo que hemos aprendido acerca del mundo que nos rodea y de nosotros mismos nos permite valorar de otra manera nuestra dignidad como seres humanos. Después de todo, no tenemos evidencias de que existan otros conglomerados de moléculas en donde los principios fundamentales de la química y la física se conviertan en poesía y matemáticas.

“Somos la parte del universo que piensa y que canta²⁰⁶”. Nunca existirá una ecuación capaz de expresar lo que sentimos al escuchar una melodía de Jacques Brel, al celebrar un campeonato de los Pumas o al volver a probar ese postre que tanto nos recuerda algún episodio amable de nuestra vida. Y, sin embargo, hasta la más profunda de nuestras emociones está definida por las mismas leyes que rigen las fases de la luna o el surgimiento de nuevas estrellas.

¿Vivir mejor?

Por lo expresado anteriormente, comparto las ideas de muchos científicos y divulgadores en el sentido de que el conocimiento tiene un valor intrínseco que no debería ser medido en términos de productividad ni podría estar sujeto a las necesidades inmediatas que impone la economía de mercado.

Pero también estoy consciente de que nadie está obligado a enamorarse por decreto. Ni de la ciencia, ni del arte, ni de ninguna otra actividad humana. Por ello me parece válido que la comunidad científica se apoye en factores menos emotivos y más racionales para legitimarse frente a la sociedad en su conjunto, tales como la generación de tecnología y la expectativa de una mejor calidad de vida.

Como todas las verdades en la ciencia, este discurso es cierto. Como todas las verdades en la ciencia, este discurso es parcial e incompleto. Entonces, hay que ser extremadamente cuidadosos al tratar de vincular los beneficios de la ciencia con cuestiones tangibles (léase, susceptibles de ser medidas en términos de una escala objetiva).

²⁰⁶ Gánem, *op. cit.*, p 177.

Las vacunas de Pasteur y los antibióticos de Fleming, por ejemplo, han contribuido a incrementar sensiblemente la esperanza de vida en muchísimas naciones, pero no pueden asegurarle a esas personas que ahora viven casi ochenta años una vejez libre de miseria y marginación.

Habrà quien argumente –con cierto grado de razón- que el problema de la injusta distribución de la riqueza no le compete directamente a las ciencias de la salud. Pero este razonamiento pasa por alto el hecho de que la pauperización de los empleos y el desmantelamiento de los estados-nación socialmente responsables son medidas insertas en modelos que descansan sobre argumentos lógicos totalmente consistentes con el paradigma en boga de otra ciencia: la economía²⁰⁷.

De igual manera, muchas de las tecnologías que llegaron a simbolizar la promesa de sociedades más libres y ciudadanos más críticos ahora están siendo utilizadas para coartar derechos cuyo goce irrestricto –hasta hace algunos años- se daba por hecho cuando se aludía al llamado mundo libre. Todo ello, en nombre de una argumentación plenamente compatible con la ortodoxia contemporánea de la política y el derecho²⁰⁸.

No es mi intención responsabilizar a la comunidad científica por los males que aquejan a nuestro planeta ni regatear los aspectos positivos del impacto que su labor ha tenido en el mundo actual. Pero sí la de hacer notar que la divulgación de la ciencia –o al menos el tipo de divulgación con el que yo me identifico- no solamente debiera preocuparse por lidiar con charlatanes y embaucadores, sino también –y tal vez en primerísimo lugar- con mequetrefes que han encontrado en cierto tipo de argumentos científicos una inmejorable coartada para mantener un orden socioeconómico mundial en el que, irónicamente, amplias franjas de la población nunca podrán beneficiarse de la ciencia y sus progresos.

La misión que tal contexto impone a los divulgadores, consiste en no limitarse a transmitir a sus lectores, radioescuchas o televidentes, la construcción y los contenidos de las leyes y teorías. Es necesario también dar a conocer las razones por las que a veces pueden pasar años (o décadas, o siglos) antes de que los trabajos realizados en un pequeño laboratorio

²⁰⁷ Al respecto véase Hertz, Noreena, *El poder en la sombra*, España, Planeta, 2002, 263 pp.

²⁰⁸ Al respecto véase Mattelart, Armand, *Un mundo vigilado*, España, Paidós, 2009, 284 pp.

den lugar a inventos de uso cotidiano, además de los escenarios más probables derivados de la adopción y uso masivo de los nuevos artefactos.

Un ejemplo muy ilustrativo a este respecto y que tal vez pronto deje de pertenecer al ámbito de la ciencia ficción es el que puede verse en la película *Gattaca: experimento genético*²⁰⁹.

En este filme puede apreciarse el enorme contraste entre el tipo de empleos –con el consecuente impacto en la calidad de vida- a los que pueden acceder las personas cuyos padres recurrieron a terapias genéticas prenatales (para eliminar su predisposición a padecer ciertos males, corregir defectos congénitos y mejorar la calidad de su masa muscular) y aquellas otras que, al no haberse beneficiado de dichos tratamientos, deben conformarse con ganarse la vida desempeñando los trabajos que nadie quiere hacer.

Entonces, si se presenta a la ciencia como una garantía de prosperidad colectiva, no pasará mucho tiempo antes de que los contribuyentes se impacienten por la falta de resultados y comiencen a exigir que los recursos utilizados para levantar radiotelescopios, construir aceleradores de partículas subatómicas y enviar vehículos al fondo del océano se reasignen a proyectos “útiles”: escuelas, hospitales y redes de drenaje o agua potable.

Aunque muchos divulgadores procedentes de las llamadas ciencias naturales reconocen estos fenómenos, la formación de aquellos que han cursado alguna de las llamadas ciencias sociales les será especialmente útil para conseguir que el público –o al menos una parte de éste- sea capaz de: 1) comprender cómo funciona la ciencia, 2) conocer cuáles son las perspectivas asociadas a los avances en tal o cual disciplina, 3) valorar el costo-beneficio de adoptar o rechazar alguna de ellas y 4) entender a las decisiones que se toman en los centros de poder político y económico, no en una lógica de ciencia *versus* ignorancia, sino como fruto de la interacción entre diversas propuestas que, casi siempre, merecen el calificativo de científicas.

Es cierto que los comunicadores de la ciencia con estudios periodísticos o literarios generalmente no dominan los tópicos de que dan cuenta con una profundidad equiparable a la de sus colegas físicos, químicos y biólogos. Sin embargo, el capital cultural del que disponen puede ayudarles a abordar los temas desde una perspectiva multidisciplinaria,

²⁰⁹ *Gattaca* (Andrew Niccol, 1997).

elaborar mensajes más amenos y eficaces y contribuir a establecer sinergias con actividades como la educación formal para poner a la ciencia al alcance “de los jóvenes que tendrán que acceder a un campo del conocimiento, de los niños ávidos de explicaciones sobre el mundo que les rodea (...y...) de las amas de casa que también deben tomar decisiones²¹⁰”.

Pero, incluso en esos casos –y a pesar de que las escuelas siguen siendo percibidas como el más importante vehículo de movilidad social-, sería sumamente irresponsable presentar a la ciencia o al estudio de carreras científicas como una especie de viaje sin escalas a la bonanza y al éxito profesional.

El espíritu de la raza

Una de las experiencias más desconcertantes con las que me topé cuando cursaba la carrera de ciencias de la comunicación, fue haber asistido a cierta conferencia en la cual el entonces coordinador de la licenciatura y sus colaboradores más cercanos expresaron que nuestra facultad no tenía la intención de formar “técnicos en comunicación”, cineastas o periodistas, sino individuos que sepan pensar y tengan capacidad de análisis.

No podría precisar cuánto han cambiado las cosas desde el milenio pasado. Sin embargo, la vida y obra del padre de la ciencia ofrecen un buen contraargumento al punto de vista plasmado en el párrafo anterior. **Galileo Galilei no solamente sabía pensar: también era un excelente técnico y un gran pubilirrelacionista.**

Es cierto que el italiano adquirió muchas de sus habilidades fuera del colegio. Aún así, su exitosa trayectoria profesional y sus aportes a la ciencia reivindicaron el valor de la educación multidisciplinaria y la necesidad de incorporarla en todos los niveles de nuestro sistema educativo.

Es muy conveniente que las nuevas generaciones reconozcan la importancia de la ciencia y su impacto en nuestra vida diaria. Pero sería imperdonable hacer que se interesen en ella vendiéndoles falsas expectativas. Y, al mismo tiempo, se ha vuelto imprescindible

²¹⁰ Valek, Gloria en “La divulgación de la ciencia, reto para la comunicación y el periodismo”, *Antología de la divulgación de la ciencia en México*, México, Dirección General de Divulgación de la Ciencia – UNAM, 2002, p 340.

proporcionarles tantas herramientas como sea posible para que logren traducir los conocimientos adquiridos en beneficios materiales.

Me explicaré: de vez en cuando, aparecen en la prensa notas con respecto al pobre desempeño académico de los estudiantes mexicanos en todo tipo de mediciones internacionales²¹¹.

A muchos nos enorgullecería que esos chicos obtuviesen cada vez mejores resultados en las evaluaciones auspiciadas por la OCDE u otros organismos. Pero seamos realistas, ¿qué pasaría si alguno de ellos recurriese a ese método científico que tanto le pregonan sus maestros para determinar la cantidad de beneficios que la sociedad mexicana está dispuesta a ofrecer a sus científicos e inventores²¹²? ¿Cuánto tiempo le tomaría darse cuenta de que en México los mecenas e industriales de la ciencia son tan escasos como abundantes los importadores de tecnología creada en otras latitudes²¹³?

Poco importa si estamos hablando de ingenieros, biólogos o administradores. “Los estudios ya no son la garantía o la promesa de pertenecer a la élite social, pero no tenerlos parece una condena a la marginalidad, la humillación y el proletariado²¹⁴”.

Claro que un universitario al que no le entusiasme la idea de ganarse la vida desempeñando labores para las cuales está sobrecalificado siempre tendrá la posibilidad –al menos teórica– de inscribirse en maestrías, doctorados y docenas de cursos extracurriculares para incrementar sus posibilidades de insertarse en la élite social. Pero “alargar la situación de los estudios, si es una estrategia racional para cada estudiante, sería totalmente absurdo para la sociedad en su conjunto. Si diferenciarse de la media es a fin de cuentas lo único que

²¹¹ Duhne, Martha, “México, último lugar en aprovechamiento de ciencias”, *¿Cómo ves?*, Año 10, No. 110, p 5.

²¹² Incluyendo a los que no trabajan en universidades o institutos y dependen exclusivamente de opciones laborales ajenas a la academia.

²¹³ Ésa es justamente la razón por la que no he querido referirme a uno de los factores de legitimación de la ciencia más importantes en los países desarrollados: el conocimiento científico como medio para asegurar la supremacía tecnológica de la nación. Un planteamiento más detallado de mi argumentación requeriría apoyarse en elementos de análisis cultural que rebasan los objetivos de la presente investigación.

²¹⁴ Antaki, Ikram, *Segundo renacimiento*, Joaquín Mortiz, 1992, p 125.

importa, todos los esfuerzos realizados por la sociedad para aumentar la media en sí misma son efectuados en vano²¹⁵”.

¿Significa lo expresado en párrafos anteriores que las instituciones de educación superior necesitan imponer filtros (cuotas “como las que se pagaban en 1968”, eliminación de pases reglamentados y exámenes de admisión más duros) que restrinjan todavía más el acceso de los jóvenes a la educación superior en aras de que los títulos recuperen el valor que alguna vez tuvieron?

¡Desde luego que no! Es más, coincido con Carl Sagan cuando señala que “un problema básico en el actual tercer mundo (político) es que las clases educadas tienden a ser los hijos de los ricos, interesados en mantener el estatus quo, o bien no acostumbrados a trabajar con sus manos o a poner en duda la sabiduría convencional²¹⁶”.

Pero sí considero imprescindible diseñar modelos de instrucción en los que se combine la alta especialización que el actual modelo socioeconómico exige a la clase trabajadora con aquella tradición renacentista según la cual es deseable que los hombres posean conocimientos generales sobre todos los campos del conocimiento y, junto con eso, la capacidad de interrelacionarlos. Esto no resolverá el problema de fondo, pero sí hará más fácil que las nuevas generaciones aprendan a lidiar con escenarios específicos apoyándose en enfoques ajenos a los de su profesión.

Implementar cursos obligatorios no es una opción viable, pues eso nos pondría en un escenario similar al descrito en la página anterior: tiempos de estudio más largos y egresados con prácticamente las mismas aptitudes; cada uno en busca de nuevos diplomas que lo acrediten como más competitivo que sus colegas. A todo lo cual habría que sumar la inquietante probabilidad de que terminen aborreciendo aquellas disciplinas que estudiaron solamente porque tenían que aprobarlas.

Frente a este dilema, la divulgación científica constituye una herramienta capaz de apoyar e incentivar la adquisición diferenciada y voluntaria de conocimientos, porque no a todas las personas les interesan los mismos temas. Además, puede contribuir a crear sinergias entre

²¹⁵ Cohen, Daniel, *Riqueza del mundo, pobreza de las naciones*, Fondo de Cultura Económica, 1998, p 99.

²¹⁶ Sagan, *op. cit.*, p 186.

estudiantes de distintas carreras y especialidades que se traduzcan en proyectos académicos, e incluso trascender al ámbito profesional. Esto ya tendría un valor por sí mismo, pero también ayudaría a fortalecer uno de los flancos más atacados cuando se habla de los recursos que reciben las universidades públicas por parte del erario: la “inutilidad” de las ciencias sociales y humanidades.

Después de todo, dos de las industrias más “inútiles” del mundo –ni el cine ni los videojuegos son artículos necesarios para la vida- se ubican también entre las más lucrativas y en ellas convergen los talentos de escritores, dibujantes, abogados, músicos, publicistas, actores y programadores. Muchos de los cuales refieren haberse *enamorado* del oficio que ahora ejercen cuando vieron *Star Wars* o jugaron *Pac-Man*.

La divulgación científica y la educación multidisciplinaria no convertirán a un comunicólogo en ingeniero, ni a un médico en poeta, pero sí los pondrán en contacto con actividades ajenas a las propias de su educación formal. La apuesta, en todo caso, sería que las nuevas generaciones empezarán a observar a la naturaleza desde nuevas perspectivas, valorando la importancia que tiene cada una de ellas para entender a la realidad en su conjunto y serán capaces de traducir esa multiplicidad de enfoques en ventajas competitivas; pero también en ventajas complementarias.

¿Cómo puede ser aprovechado un relato de Jared Diamond²¹⁷ para plantear a los economistas y hombres de negocios el cúmulo de riesgos que conlleva subordinar toda la actividad de una nación a un puñado de variables financieras?

¿De qué manera podría incidir el conocimiento de las tres leyes robóticas propuestas por Isaac Asimov y sus aplicaciones en escenarios prácticos²¹⁸ en lo que piensan sobre el derecho positivo los abogados, los jueces y los notarios?

¿Qué tan diferentes serían los mensajes de los divulgadores si estos complementaran los contenidos estrictamente ligados a la ciencia y a la tecnología con algunos de los factores en los que suele concentrarse Malcolm Gladwell²¹⁹?

²¹⁷ Diamond, Jared, *Colapso*, España, Random House Mondadori, 2007, 747 pp.

²¹⁸ Para más información, véase Asimov, Isaac, *Yo robot*, México, Editorial Sudamericana, 2006, 373 pp.

²¹⁹ Por ejemplo, en Gladwell, Malcolm, *Fueras de serie*, México, Taurus, 2009, 326 pp.

¿Cuántas hojas de papel, cuántos kilogramos de acero²²⁰, cuántos litros de tinta, cuantas filas de espera y cuántos procedimientos estúpidamente engorrosos se ahorraría la comunidad puma si los trámites en nuestra universidad fuesen diseñados por personas que conocieran y aprovecharan los fundamentos de KISS²²¹ y DRY²²²?

En conclusión. El conocimiento de la ciencia y su método no garantiza, en modo alguno, la construcción de sociedades fuertes y prósperas, pero sí le ofrece a sus miembros elementos para que evalúen mejor las opciones de que disponen y actúen en consecuencia. De ellos, y solamente de ellos, dependerá que los progresos científicos contribuyan a crear naciones menos excluyentes o, por el contrario, deriven en metrópolis donde la máquina de Aristóteles siga traicionando sus promesas.

²²⁰ En forma de grapas, sujetapapeles y toda clase de broches.

²²¹ El principio KISS –acrónimo de la expresión Keep It Simple Stupid- consiste en una variante de la navaja de Okham que privilegia la simplicidad en el diseño.

²²² El principio DRY –acrónimo de la expresión Don't Repeat Yourself- se aprovecha en el campo de la informática para reducir, tanto como sea posible, la duplicidad de información.

ÍNDICE DE IMÁGENES

PÁGINA	PROCEDENCIA
34	Flandes, José Alberto, <i>Mitología, geometría y física. Las concepciones cosmológicas a través de la historia.</i> Tesis de licenciatura (Físico), UNAM, Facultad de Ciencias, 1998, 131 pp.
37	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/23/PtolemyWorldMap.jpg
38	Ekeland, Ivar, <i>El cálculo, lo imprevisto</i> , México, FCE, 1988, 204 pp. (Breviarios, número 466).
39	http://galileo.rice.edu/images/things/ptolematic_universe.gif
42	Bravo, Silvia, <i>Encuentro con una estrella</i> , México, FCE, 1987, 141 pp. (La ciencia desde México, número 62).
54	Koestler, Arthur, <i>The sleepwalkers</i> , Estados Unidos, Penguin, 1989, 623 pp.
55	Mankiewicz, Richard, <i>Historia de las matemáticas</i> , España, El barquero, 2004, 192 pp.
62	http://en.wikipedia.org/wiki/File:Brahe_kepler.jpg
66	Sagan, Carl, <i>Cosmos</i> , España, Planeta, 2001, 366 pp.
67	Sagan, Carl, <i>Cosmos</i> , España, Planeta, 2001, 366 pp.
75	Sobel, Dava, <i>La hija de Galileo</i> , España, Debate, 1999, 376 pp.
78	http://en.wikipedia.org/wiki/File:Bertini_fresco_of_Galileo_Galilei_and_Doge_of_Venice.jpg

FUENTES DE CONSULTA.

BIBLIOGRAFÍA.

- ANTAKI, Ikram, *Ciencia*, México, Joaquín Mortiz, 1997, 163 pp. (El banquete de Platón)
- ANTAKI, Ikram, *Religión*, México, Joaquín Mortiz, 1996, 134 pp. (El banquete de Platón)
- 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)
- BALDERAS, Gonzalo, *La reforma y la contrarreforma*, Universidad Iberoamericana, 1996, 357 pp.
- BARTHES, Roland, et al, *Análisis estructural del relato*, México, Editorial Coyoacán, 2002, 229 pp.
- BELL, E. T., *Historia de las matemáticas*, México, F.C.E., 1985, 656 pp.
- BERNAL, John, *La ciencia en la historia*, México, UNAM – Nueva Imagen, 2001, 693 pp.
- BERISTAIN, Helena, *Diccionario de retórica y poética*, México, Porrúa, 2000.
- BIRO, Susana, *Caja de herramientas para hacer astronomía*, México, Paidós, 2004, 136 pp.
- BIRO, Susana, *La mirada de Galileo*, México, FCE, 2009, 113 pp. (La ciencia para todos, número 221)
- BONFIL, Martín, *La ciencia por gusto: una invitación a la cultura científica*, México, Paidós, 2005, 195 pp.
- BOWLER, Peter y Rhys, Iwan, *Panorama general de la ciencia moderna*, España, Crítica, 2007, 662 pp.
- BUNGE, Mario, *La ciencia, su método y su filosofía*, México, Patria, 2007, 99 pp.

- BUSQUETS, Joan, *¿Quién era Martín Lutero?*, España, Sígueme, 1986, 311 pp.
- BUTTERFIELD, Herbert, *Los orígenes de la ciencia moderna*, España, Taurus, 1982, 239 pp.
- CALVO, Manuel, *Divulgación y periodismo científico, entre la claridad y la exactitud*, México, UNAM – DGDC, 2003, 222 pp.
- CHALMERS, Alan, *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?*, México, 2008, 245 pp.
- COLLINS, Harry y Pinch, Trevor, *El gólem*, España, Crítica, 1996, 191 pp
- CONNOR, James, *Kepler's witch*, Estados Unidos, Harper San Francisco, 2004, 402 pp.
- DELUMEAU, Jean, *El catolicismo de Lutero a Voltaire*, España, Labor, 1973, 343 pp.
- DOMÍNGUEZ, Héctor y Fierro, Julieta, *Galileo y el telescopio: 400 años de ciencia*, México, Uribe y Ferrari, 2007, 104 pp.
- EKELAND, Ivar, *El cálculo, lo imprevisto*, México, FCE, 1988, 204 pp. (Breviarios, num. 466)
- ESTRADA, Luis, et al, *La divulgación de la ciencia*, México, UNAM – DGP, 1981, 86 pp.
- FAYARD, Pierre, *La comunicación pública de la ciencia*, México, Red Editorial Iberoamericana, 2004, 275 pp.
- FEBVRE, Lucien, *Martín Lutero un destino*, México, FCE, 1956, 286 pp.
- FEYERABEND, Paul, *Tratado contra el método*, México, Red Editorial Iberoamericana, 1993, 319 pp.
- FIERRO, Julieta y Herrera, Miguel Ángel, *La familia del Sol*, México, FCE, 2003, 196 pp. (La ciencia para todos, número 62)
- GAARDER, Jostein, *El mundo de Sofía*, México, Patria / Siruela, 1994, 638 pp.
- GALILEI, Galileo, *Carta a Cristina de Lorena y otros textos sobre ciencia y religión*, España, Alianza, 2006, 167 pp.

GALILEI, Galileo, *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano*, España, Alianza, 1994, 403 pp.

GALILEI, Galileo, *La gaceta sideral*, España, Alianza, 2007, 266 pp.

GALILEI, Galileo, *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*, España, Editorial Nacional, 1981, 455 pp.

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

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

HARTZ, Jim y Chappell, Rick, *Mundos separados*, México, UNAM – DGDC, 2001, 308 pp.

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

KEPLER, Johannes, *Conversaciones con el mensajero sideral*, España, Alianza, 2007, 266 pp.

KEPLER, Johannes, *El secreto del universo*, España, Alianza, 1992, 281 pp.

KEPLER, Johannes, *New astronomy*, Cambridge University, 1992, 665 pp.

KEPLER, Johannes, *The harmony of the world*, American Philosophical Society, 1997, 549 pp.

KOESTLER, Arthur, *The sleepwalkers*, Estados Unidos, Penguin, 1989, 623 pp.

KOHAN, Silvia, *Cómo escribir relatos*, México, Plaza & Janés, 1999, 227 pp.

KOYRÉ, Alexander, *Del mundo cerrado al universo infinito*, México, Siglo XXI, 2008, 268 pp.

KRAGH, Helge, *Introducción a la historia de la ciencia*, España, Crítica, 2007, 289 pp.

KUHN, Thomas, *La estructura de las revoluciones científicas*, México, FCE, 2007, 360 pp.

KUHN, Thomas, *La revolución copernicana*, España, Ariel, 1996, 378 pp.

- LATOURE, Bruno, *La esperanza de pandora*, Gedisa, España, 2001, 382 pp.
- LATOURE, Bruno y Woolgar, Steve, *La vida en el laboratorio*, Alianza, España, 1995, 326 pp.
- LEAR, John, *El sueño de Kepler*, UNAM – DGDC, 2005, 207 pp.
- LEÑERO, Vicente y Marín, Carlos, *Manual de periodismo*, México, Grijalbo, 1986, 315 pp.
- LUMINET, Jean-Pierre, *El incendio de Alejandría*, Barcelona, Ediciones B, 2003, 300 pp.
- MALACARA, Daniel y Malacara, Juan Manuel, *Telescopios y estrellas*, México, FCE, 1988, 175 pp. (La ciencia desde México, número 57)
- NEGRETE, Aquiles, *La divulgación de la ciencia a través de formas narrativas*, México, UNAM – DGDC, 2008, 146 pp.
- OBERMAN, Heiko, *Lutero: un hombre entre dios y el diablo*, España, Alianza, 1992, 414 pp.
- ORDOÑEZ, Javier, *Ciencia, tecnología e historia*, España, FCE, 2003, 118 pp.
- PARDINAS, Felipe, *Metodología y técnicas de investigación en ciencias sociales*, México, Siglo XXI, 1998, 242 pp.
- PÉREZ Tamayo, Ruy, *¿Existe el método científico?*, México, FCE, 2007, 301 pp. (La ciencia para todos, número 161).
- REALE, Giovanni y Dario Antiseri, *Historia del pensamiento filosófico y científico*, España, Herder, 2001.
- RITTER, Gerhard, *Lutero: el hombre y su obra*, México, Herrero, 1963, 283 pp.
- SAGAN, Carl, *Cosmos*, España, Planeta, 2001, 366 pp.
- SAGAN, Carl, *El mundo y sus demonios*, España, Planeta, 2005, 493 pp.

SÁNCHEZ, Ana María, *La divulgación de la ciencia como literatura*, México, UNAM – DGDC, 2000, 178 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*, México, UNAM – DGDC, 2002, 378 pp.

TOUSSAINT, Florence (coordinadora), *Experiencias de la divulgación de tecnología y ciencia en México*, México, SEP, 1985, 163 pp.

ZIMAN, John, *Enseñanza y aprendizaje sobre la ciencia y la sociedad*, FCE, 1985, 243 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.

HEMEROGRAFÍA.

Casas, Rosalba, “Los estudios sociales de la ciencia y la tecnología: enfoques, problemas y temas para una agenda de investigación” en *Perspectivas y desafíos de la educación, ciencia y tecnología*, UNAM – ISS.

Cutcliffe, Stephen, “Contextualización social en la filosofía, la sociología y la historia de la ciencia y la tecnología” en *Ideas máquinas y valores, los estudios de ciencia, tecnología y sociedad*, Antropos – UAM.

Cutcliffe, Stephen, “La emergencia histórica de CTS como campo académico” en *Ideas máquinas y valores, los estudios de ciencia, tecnología y sociedad*, Antropos – UAM.

Daston, Lorraine, “Fear and loathing of the imagination and science” en *Science in culture*, transaction Publishers.

De Régules, Sergio, “La mamá de Kepler”, *¿Cómo ves?*, Año 11, No. 126, p 26.

Marquina, José, “Hechos y dichos del profeta Johannes” en *Artefacto*, número 7, Escuela Lacaniana de Psicoanálisis, México, 2000.

Pinch, Trevor, “La construcción social de la tecnología: una revisión” en *Innovación tecnológica y procesos culturales*, FCE – UNAM, México.

Reygadas, Luis, “Las redes de la desigualdad: un enfoque multidimensional” en *Política y cultura*, número 22, UAM Xochimilco, México.

Santos, M. J. y Díaz, Rodrigo, “El análisis del poder en la relación tecnología y cultura: una perspectiva antropológica” en *Perspectivas y desafíos de la educación, ciencia y tecnología*, UNAM – ISS.

Winocur, Rosalía, “Internet en la vida cotidiana de los jóvenes” en *Revista Mexicana de Sociología*, número 3, Instituto de Investigaciones Sociales de la UNAM, México, 2006.

INTERNET.

El muégano divulgador: http://www.dgdc.unam.mx/muegano_divulgador

The Galileo project: <http://galileo.rice.edu>

ENTREVISTAS.

Durante el otoño de 2008 se entrevistó a Julieta Fierro en el Instituto de Astronomía y a Héctor Domínguez en la Dirección General de Divulgación de la Ciencia, ambos recintos ubicados en Ciudad Universitaria.