





El *big bang*: aproximación al universo  
y a la sociedad  
Diálogo sobre el origen del mundo

BIBLIOTECA SOCIEDAD Y TECNOCIENCIA

**Cosmos, ciencia y sociedad**

El *big bang*: aproximación al universo  
y a la sociedad  
Diálogo sobre el origen del mundo

Sergio Torres Arzayús

*Ilustraciones: Claudia María Gutiérrez*



Siglo del Hombre Editores

Torres, Sergio, 1957-

El big bang: aproximación al universo y a la sociedad. Diálogo sobre el origen del mundo / Sergio Torres Arzayús; ilustradora Claudia María Gutiérrez. – Bogotá: Siglo del Hombre Editores, 2011.

408 p.; 24 cm.

1. Cosmología 2. Origen del universo 3. Física I. Gutiérrez, Claudia María, il. II. Tít.

523.1 cd 21 ed.

A1285402

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis-Ángel Arango

© Sergio Torres Arzayús

La presente edición, 2011

© Siglo del Hombre Editores  
Cra 31A n.º 25B-50, Bogotá D. C., Colombia  
PBX: (57-1) 337 77 00, fax: (57-1) 337 76 65  
[www.siglodelhombre.com](http://www.siglodelhombre.com)

Ilustraciones  
Claudia María Gutiérrez

Diseño de carátula  
Alejandro Ospina

Armada electrónica  
Ángel David Reyes Durán

ISBN: 978-958-665-179-0

Impresión  
Panamericana Formas e Impresos S. A.  
Calle 65 n.º 95-28, Bogotá D. C.

Impreso en Colombia-*Printed in Colombia*

Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida ni en su todo ni en sus partes, ni registrada en o transmitida por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o cualquier otro sin el permiso previo por escrito de la Editorial.

# ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS .....	15
LA HISTORIA DE ARDI .....	17
CAPÍTULO 1. LOS MODELOS DEL MUNDO .....	21
CAPÍTULO 2. EL UNIVERSO SE INFLA .....	37
CAPÍTULO 3. EL <i>BIG BANG</i> .....	89
Einstein mete gol .....	96
Fred, el obstinado astrónomo inglés .....	100
¿Se puede probar una teoría? .....	106
El gran matrimonio.....	109
Analogía del cosmobús.....	115
Ecos del vallenato.....	125
El descubrimiento tardío de la radiación cósmica de fondo .....	131
El proyecto Cobe .....	134
Ecos del vallenato observados por la NASA.....	140
De mapas a modelos del cosmos.....	144
El lado oscuro del <i>big bang</i> .....	148
Vera Rubin y la materia oscura .....	151
El <i>big bang</i> : ¿una teoría completa? .....	161
Consistencia del <i>big bang</i> .....	164

La inflación resuelve los problemas del <i>big bang</i> .....	168
Reflexión .....	178
 CAPÍTULO 4. LOS DIÁLOGOS .....	 181
Primera jornada .....	182
Segunda jornada .....	190
Tercera jornada .....	238
Cuarta jornada.....	275
 CAPÍTULO 5. COSMOLOGÍA, CIENCIA Y SOCIEDAD .....	 301
Cosmología y cosmovisión.....	304
Cosmología e ideología.....	307
Controversia y pataletas entre científicos .....	311
¿Cómo emerge una teoría científica? .....	314
Comienzo del problema .....	314
Racionalismo y empirismo.....	318
¿Ciencia o científicismo? .....	320
Fin del sueño del iluminismo .....	325
Sociología del <i>big bang</i> .....	328
Mapas del universo .....	336
 CAPÍTULO 6. REFLEXIÓN FINAL.....	 349
 APÉNDICES .....	 359
Eventos históricos importantes para la cosmología científica .....	361
Biografías cortas: ¿quién es quién en el universo?.....	365
Tales de Mileto (624-547 a. C.) .....	366
Aristóteles de Estagira (384-322 a. C.).....	366
Eratóstenes de Cirene (276-194 a. C.) .....	367
Tomás de Aquino (1224-1274) .....	369
Galileo Galilei (1564-1642).....	369
Isaac Newton (1642-1727).....	370
Albert Einstein (1879-1955).....	371



Arthur Stanley Eddington (1882-1944).....	374
Alexánder Friedman (1888-1925) .....	376
Harlow Shapley (1885-1972) .....	377
Edwin Hubble (1889-1935).....	378
Georges Lemaitre (1894-1966).....	379
Fred Hoyle (1915-2001).....	382
George Gámov (1904-1968) .....	384
Ralph Asher Alpher (1921-2007) .....	386
Robert Herman (1914-1997) .....	387
Robert Henry Dicke (1917-1997) .....	387
Arno Allan Penzias (1933-).....	389
Robert Woodrow Wilson (1936- ).....	390
GLOSARIO .....	393
BIBLIOGRAFÍA.....	401
Cosmología.....	401
Historia y biografías .....	402
Sociología y filosofía.....	403
Sitios en Internet.....	403
PORTAL EN INTERNET .....	405
Sitio web.....	406



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1.1. Mapa moderno del universo. Las imágenes astronómicas que le llegan a un observador en el centro del universo visible vienen del pasado, por lo tanto revelan la historia del universo .....	21
Figura 1.2. Modelos del mundo geocéntrico y heliocéntrico, que muestran los planetas conocidos en la antigüedad .....	29
Figura 1.3. Extraña visión de Simplicio .....	34
Figura 2.1. El universo se infla.....	37
Figura 2.2. Experimento de Eratóstenes .....	46
Figura 2.3. Sombras en la Tierra plana y esférica.....	50
Figura 2.4. El experimento de Doppler .....	72
Figura 2.5. Conocimiento del universo .....	81
Figura 3.1. Épocas del <i>big bang</i> .....	89
Figura 3.2. La invitación al matrimonio propiciado por Gámov .....	115
Figura 3.3. Foto de familia .....	117
Figura 3.4. El cosmobús .....	122
Figura 3.5. Curva del espectro de la radiación de fondo.....	138
Figura 3.6. Mapa de manchas del fondo cósmico .....	143
Figura 3.7. Espectro angular o “curva de camello” .....	147
Figura 3.8. Consistencia del <i>big bang</i> .....	167
Figura 3.9. El problema de la planitud.....	171
Figura 4.1. Sueño de Simplicio.....	181
Figura 4.2. Faraón egipcio .....	239
Figura 4.3. Somos polvo de estrella.....	243

Figura 4.4. El problema del horizonte .....	276
Figura 5.1. ¿Qué se esconde bajo el velo? .....	301
Figura 5.2. Notas de Simplicio .....	330
Figura 5.3. Faraón bajo el velo.....	338
Figura 5.4. Cosmovisión. Los hilos del pensamiento .....	340
Figura 5.5. Modelo del mundo tajado por la “navaja de Occam” .....	340
Figura 6.1. Mapa del universo. El ser humano es el centro del universo visible. A mayor profundidad en el espacio se observan puntos más remotos en la historia del universo, hasta llegar al borde en el tiempo, que llamamos <i>big bang</i> . .....	349
Figura 6.2. Línea de la historia .....	365

*A Margarita, mi universo  
A Adriana y a Raquel, las estrellas que más brillan*



## AGRADECIMIENTOS

Los agradecimientos, como los mitos y la ciencia, también tienen su momento. Empiezo con Ana del Corral, conocedora de libros, domadora de palabras y hábil artista del lenguaje. Me ofreció ayuda incondicional y gastó innumerables horas en mejorar mi español, algo corroído por los vientos del norte. ¡Gracias, Ana! Verónica Londoño, también navegante del mundo de los libros, hizo una lectura concienzuda del manuscrito y me hizo comentarios valiosísimos. ¡Gracias, Verónica! Ana María Cubillos leyó el manuscrito con enorme interés y lo llenó de comentarios reveladores. ¡Gracias, Ana María! Carmen Helena Ruzza le dio una lectura a uno de los primeros manuscritos y me ofreció comentarios muy alentadores. ¡Gracias, Carmen Helena! Ángela Posada-Swofford, ejemplar divulgadora de la ciencia, fue una guía indispensable. ¡Gracias, Ángela! Adriana C. Ocampo Uria, distinguida científica de la NASA y por muchos años mi cómplice en proyectos educativos y de fomento a las ciencias espaciales siempre me motivó a seguir adelante con el libro. ¡Gracias, Adriana! Alexis de Greiff siempre estuvo disponible para escuchar y debatir mis razonamientos y fue vital en el ejercicio de mantenerme honesto. ¡Gracias, Alexis! Elizabeth Reichel me guió en cuestiones que tocan la antropología. ¡Gracias, Elizabeth! El revisor del manuscrito en Siglo del Hombre Editores, Edgar Ordóñez, hizo un magnífico trabajo que en algunos casos ayudó a enriquecer el diálogo. ¡Gracias, Edgar! Gracias también al International Center for Relativistic Astrophysics (ICRA), de Roma, por el apoyo prestado durante la elaboración de este libro, y al Center for History of Physics, Niels Bohr Library por el acceso que me dieron al archivo de entrevistas en la maravillosa colección de Oral History.





## LA HISTORIA DE ARDI

Los astros han fascinado a los seres humanos desde tiempos remotos, y siempre hemos querido saber de dónde venimos, cómo se originó el universo, de qué está hecho el mundo, cómo es de grande el universo, qué forma tiene, qué va a pasar en el futuro y qué hacen y qué son en verdad las estrellas, esas titilantes y lejanas luces en el cielo. También nos hemos hecho otras preguntas trascendentales sobre nuestra presencia en el cosmos y nuestra relación con este. La elaboración poética de estas realidades (los mitos) y la ciencia surgieron de lo que seguramente fue la marcada impresión que sintieron los seres humanos cuando en una noche estrellada plantaron por primera vez con firmeza los pies sobre la faz de la tierra y levantaron la mirada para contemplar la bóveda celeste. Todos los días, y en cualquier parte del mundo, millones de personas buscan con avidez los horóscopos entre las páginas de los diversos diarios. Innumerables lectores quieren saber cómo los astros incidirán en su vida, buscan guiarse por ellos. Como si existiera una conexión oculta entre nosotros y los astros, sentimos admiración y respeto por las maravillas que los astrónomos encuentran todos los días en las ignotas profundidades del cielo: intrigantes agujeros negros; hermosos y tenues remolinos de luces que se llaman *galaxias*; estrellas inquietas —unas se inflan, otras estallan—; una multitud de objetos indómitos, especímenes de un creativo y abigarrado imaginario, designados además con nombres misteriosos y cautivantes, como cuásares, supernovas y exoplanetas; aparecen estrellas enanas blancas y estrellas gigantes rojas; también planetoides, nebulosas, estrellas de neutrones y pulsares. Empero, lo que hemos querido saber, y aún nos inquieta sobremanera, es cómo se originó y qué significa toda esa plétora de fenómenos y objetos en el espacio. De alguna forma todos

queremos saberlo; es inevitable: la curiosidad es una característica humana. Además, la historia nos ha mostrado ampliamente que el conocimiento es mejor que la ignorancia.

Pareciera como si un circuito especial en el cerebro del ser humano lo predispusiera a esa atracción natural por el universo y sus astros. Personalmente, tengo una teoría que bordea la especulación y que explica esa tendencia natural: es la historia de Ardi, una inquieta joven simia de baja estatura, cabeza redonda, ojos hundidos y nariz ancha.

Ardi conocía bien las ramas de los árboles, que eran su residencia, y se movía con destreza a lo largo y ancho de la espesura de la selva. Una noche muy seca y de luna nueva, Ardi no conciliaba el sueño, aquejada por el hambre. A eso de las cuatro de la mañana, cuando las ganas de comer le ardían en el estómago, recordó que la tarde anterior, antes de instalarse en su rama favorita, había visto un mango. Tan pronto la imagen de la fruta apareció en su memoria, hizo una maniobra para alcanzarla, pero erró el cálculo y el mango cayó. Todavía recordaba cómo algunas de sus compañeras que se habían atrevido a bajar de las ramas terminaron convertidas en la cena de horribles hienas. Sin embargo, le bastó ver el mango en el piso y sentir la tribulación de su estómago para olvidar los riesgos. Saltó y cayó de pie —postura que presagiaba la aparición del *Homo erectus*—. Dio unos primeros pasos en medio de la noche y dirigió su mirada atónita hacia la bóveda celeste —nunca antes apreciada por uno de nuestros antepasados en su completo e iluminado esplendor—. Lo primero que vio fue una banda luminosa, perdida en la noche y adornada por un espesor de puntitos de luz, que marcaba un camino en el cielo. Una vivencia tan nueva, tan contundente e intensa, seguramente produjo un cambio imperceptible en el cerebro de Ardi: quizá nació en ella la necesidad inaplazable de digerir esa experiencia, y de este modo se encendieron en su cerebro los circuitos que les darían a sus descendientes en la línea evolutiva la capacidad de reflexionar sobre el espacio, los astros y todo lo demás.

*Ardipithecus ramidus*, apodada *Ardi*, fue —hace cuatro millones de años— el primero de nuestros antepasados en bajarse de los árboles. Juego con la idea de que descolgarse por primera vez de las ramas de los árboles, pisar por un buen rato el suelo y finalmente echar hacia atrás la cabeza y contemplar el silencio iluminado del cielo nocturno constituyó para nues-

tros antepasados el momento en que se encendió el deseo de saber, en que se dio inicio, por tanto, a esa inquietud que nos hace humanos.

Todos queremos saber sobre nuestro universo —estoy convencido de ello—. Como educador e investigador en el tema, llevo un cuarto de siglo dictando clases y ofreciendo charlas al gran público; me encuentro habitualmente con personas de todas las edades, todas las ocupaciones y todos los niveles de preparación escolar, y todas exhiben el mismo interés, hacen preguntas semejantes y manifiestan inquietudes similares. En resumen, todos queremos saber qué es el universo y de dónde viene. Igualmente, todo el mundo quiere opinar sobre el tema; no son pocos los que rechazan cualquier pronunciamiento que hagan los científicos sobre el origen del universo; otros aceptan los postulados de la ciencia sin entender los matices de las teorías ni la vulnerabilidad del proceso científico a la subjetividad humana. Este libro surge como respuesta a esas inquietudes y se nutre de las preguntas y opiniones que he recibido del público, las cuales constituyeron mi punto de partida. En otras palabras, las aguas de este libro fluyen por el cauce demarcado por ustedes, los lectores.

Con los avanzados telescopios que la tecnología moderna permite, oteamos ahora desde un balcón privilegiado hacia los paisajes más profundos del universo visible. Los hallazgos surgidos en la milenaria actividad de espiar el cielo nos están dando ahora respuestas certeras a las inquietudes que nos han perseguido desde el amanecer de la humanidad, y con ello también asomos de respuesta a las preguntas fundamentales sobre nuestro origen. Igualmente, estos conocimientos nos están revelando que efectivamente estamos conectados con los astros: la materia de la que estamos hechos proviene de las estrellas, lo cual significa que somos polvo de estrella mirando nuestro reflejo en las estrellas. Con base en estas observaciones, y con la ayuda de conceptos científicos firmemente establecidos, ha surgido una teoría sobre el origen del universo: la teoría del *big bang*. No es una teoría acabada —tiene aún huecos muy grandes—, pero en las décadas recientes se han logrado comprobar con exquisita precisión varias de las predicciones de este modelo del universo. En este libro presento de manera honesta el estado de nuestro conocimiento sobre el tema y sobre el significado que puede tener todo ese conocimiento. Es lo que quiere saber Simplicio, el panadero curioso que en estas páginas comenta y cuestiona lo que le con-

versan sus amigos Salviati, el científico, y Sagredo, el sociólogo. En alguna de estas tres voces el lector encontrará reflejada su posición en relación con las teorías científicas sobre el origen del universo. Ahora bien, ¿qué tiene que ver esto con la *aproximación a la sociedad* que aparece en el título? Esa pregunta, estimado lector, le queda como acertijo. La respuesta, entretejida en estas páginas ¡es sorprendente!

# CAPÍTULO 1

## LOS MODELOS DEL MUNDO

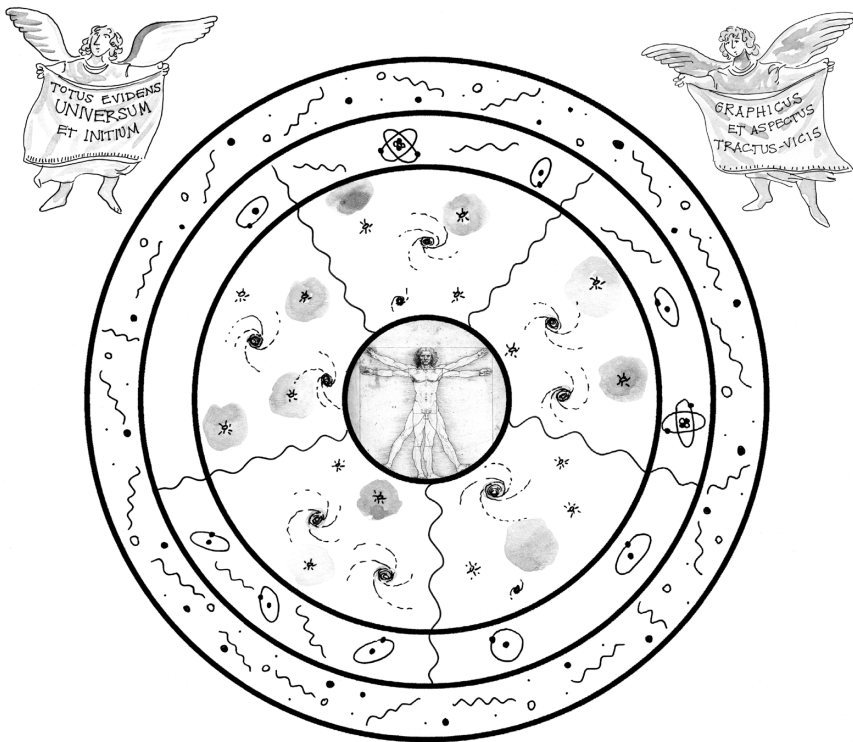


Figura 1.1. Mapa moderno del universo. Las imágenes astronómicas que le llegan a un observador en el centro del universo visible vienen del pasado, por lo tanto revelan la historia del universo

“Por su naturaleza, todos los seres humanos tienen el deseo de saber. El placer que nos causan las percepciones de nuestros sentidos es una prueba de esta verdad”. Aristóteles, uno de los pensadores más inteligentes e influyentes que hayan nacido en el planeta Tierra, comienza así su libro *Metafísica*. Aristóteles nos está diciendo que el deseo de conocer está en nuestra naturaleza, es decir, que es un impulso interno que define quiénes somos y nos distingue de otros animales. Traducida al lenguaje moderno, la sabia sentencia de Aristóteles afirma que ese deseo de aprender, propio de todos los seres humanos, reside en nuestros genes. A renglón seguido pone de manifiesto su confianza en que los seres humanos podemos avanzar en el conocimiento del mundo mediante la observación directa y califica de *placentero* el acto de comprender y aprender, con lo cual podemos estar fácilmente de acuerdo. Aristóteles de Estagira, apodado *el Estagirita*, vivió entre los años 384 a. C. y 322 a. C. Fue estudiante de Platón, otro de los grandes filósofos de la antigua Grecia, a quien aludimos cada vez que hablamos de “amor platónico”.

Llevo un cuarto de siglo enseñando y haciendo presentaciones —ante todo tipo de público— sobre el universo, su origen y su organización, y he podido darme cuenta de la veracidad de la premisa aristotélica y corroborar que en todos nosotros existe una curiosidad instintiva por el universo. El deseo de saber más acerca del universo se parece al deseo de conocer la propia casa —al fin y al cabo, el universo *es* nuestra casa—. Cuando nos mudamos a una casa nueva queremos explorarla en detalle, hasta conocerla íntimamente, para sentirnos a gusto en ella. Queremos bajar al sótano y esculcar en cada rincón, por si acaso algún habitante anterior dejó un baúl lleno de oro, o un cadáver; queremos saber si el terreno bajo la casa tiene residuos de radón radiactivo o si la pintura de las paredes contiene plomo; seguramente también vamos a querer saber quiénes son nuestros vecinos; pronto habremos hecho un plano de la casa para verificar los linderos, quizá para contemplar modificaciones futuras. Pues bien, igual sucede con nosotros como especie.

Hace 100 000 años nuestros antepasados salieron de África a explorar el mundo; hace 40 años visitamos la Luna; hoy escudriñamos en el infinito con ojos espaciales que toman fotos del universo, formado hace 13 700 millones de años, y estudiamos el origen con máquinas exóticas y antes inimaginables, capaces de reproducir las condiciones existentes en ese evento primigenio.

Desde el comienzo de la civilización los seres humanos hemos elaborado mapas de este hogar llamado *universo*, y en el proceso hemos expandido los linderos a profundidades impensables. Esos mapas les han servido de guía a civilizaciones pasadas y presentes, han contribuido a la organización de la sociedad y han sido enriquecidos con relatos épicos que explican en términos antropomórficos el origen y la evolución del universo. La narrativa —o *cosmología*— que acompaña los mapas del universo incluye el conjunto de creencias, interpretaciones y prácticas que los grupos humanos desarrollan para dotar al universo de significado y proveer explicación sobre su origen y su posición dentro del mismo.

En su sentido amplio, y como reflejo de las creencias de un grupo, la cosmología es materia de estudio de los antropólogos. Sin embargo, también la ciencia estudia el origen y la evolución del universo, y también los científicos involucrados en esos estudios se refieren a su disciplina como *cosmología*. Empero, la cosmología científica es una rama de la física que estudia el universo en su totalidad —su estructura, composición, origen y evolución— a partir de sus procesos naturales y de leyes físicas firmemente establecidas. El rigor científico, la formulación matemática de los modelos del universo y la necesidad de confrontar las teorías del universo con las observaciones astronómicas restringen la cosmología científica a un dominio mucho más reducido que aquel que abarca la cosmología de los antropólogos. Las explicaciones sobre el papel que desempeña el ser humano en el concierto de acontecimientos relacionados con el universo y el lugar existencial que ocupa en el cosmos no tienen cabida en la cosmología científica.

Es importante, entonces, aclarar que este libro trata de la cosmología científica, no de la cosmología de los antropólogos. Esta última es la narrativa que los seres humanos construyen para dar respuesta a la pregunta fundamental sobre su origen. Las civilizaciones pasadas acudían a la poesía o a la autoridad de un chamán que señalaba las estrellas y les adjudicaba la posición justa en el universo, y establecía así un plácido sentido de orden. De igual manera, la sociedad moderna acude a la autoridad de la ciencia en busca de respuestas, pero en el fondo ¿acaso esas respuestas que ofrece la ciencia no son también meras construcciones sociales? Esta es una pregunta provocadora que no se puede despreciar como superflua o caprichosa, por la sencilla razón de que la cuestión del origen del universo, y por ende el origen de la humanidad, es demasiado fundamental para desligarla de las profundas

inquietudes del ser humano. La cosmología es tan crucial que desde hace 25 siglos la filosofía y la teología se han pronunciado y han reclamado los títulos de propiedad sobre el tema. En cierto sentido la ciencia moderna es la intrusa y advenediza en ese campo labrado por una inquietud de miles de años, tiempo que los seres humanos llevan cavilando sobre su origen. El ser humano se caracteriza por sentir una curiosidad insaciable por el universo. Por eso el gran público desea, de alguna forma, estar siempre al día en conocimientos sobre el cosmos. La humanidad, que acaba de atravesar el umbral del siglo XXI, encuentra que, además de la puerta a un nuevo siglo, se le han abierto las puertas hacia una situación privilegiada, pues por primera vez en la historia es posible empezar a responder las preguntas fundamentales del universo, ya no con base en especulaciones filosóficas, sino a partir de observaciones astronómicas. ¡Inmensa diferencia!

Para entender las raíces de la cosmología moderna hay que dar un vistazo a los primeros mapas que se elaboraron del universo. Imaginemos por un momento las condiciones de la mujer prehistórica, una mujer que deambulaba inexplicablemente sobre la superficie de un planeta a veces noble, a veces cruel, e incierto sin remedio. No es difícil imaginar los primeros pasos del ser humano sobre el planeta e imaginar que estuvieron acompañados por una mirada llena de temor y admiración hacia la bóveda celeste. Seguramente el desasosiego por no comprender impulsó al ser humano a contemplar los astros fríos y lejanos y a querer entablar amistad con ellos, o a “sobornarlos” de alguna manera y convertirlos así en cómplices de una anhelada sobrevivencia. Observar la repetición cíclica de los fenómenos celestes despertó en el rincón más profundo de la conciencia del hombre primitivo una sinergia tangible pero innombrable entre su realidad y la de los astros. Equiparar *universo* con *casa* u *hogar* no es apenas el ejercicio de crear una metáfora: los indígenas precolombinos incorporaron ese concepto en la maloca, una casa que les servía simultáneamente de templo y de observatorio astronómico. La maloca, como casa ceremonial, era el centro de la organización social donde las personas encontraban un pequeño modelo del universo que —gracias a peripecias arquitectónicas— permitía espiar los movimientos del Sol durante el año y demarcar así el comienzo de importantes rituales y sincronizarlos con solsticios y equinoccios. Las civilizaciones antiguas también hicieron una casa de la bóveda celeste y sus astros. El fondo de estrellas les sirvió de material para decorar las paredes de la casa



con figuras de animales formadas por líneas imaginarias que conectan las estrellas más brillantes de un grupo de estrellas, o constelación —del latín *constellatio*, que significa *estrellas juntas*—.

Los arquitectos de la “maloca” de los babilonios dividieron la banda celeste por donde se mueven los planetas en 12 constelaciones con forma de animales: Tauro, Aries (carnero), Piscis (peces), Capricornio (cabra), Escorpio, Leo y los otros animales del zoológico astral conforman el Zodíaco, que justamente quiere decir “rueda de animales”. De este asunto el público general está muy bien enterado gracias al cada vez más popular horóscopo, que se nos aparece a diario en revistas y periódicos para impartirnos advertencias y consejos de todo tipo o informarnos que si somos de Aries, hoy tendremos un encuentro con una persona agradable, mientras que los de Leo deberán prestar más atención a sus finanzas. La astrología y la astronomía son asuntos muy diferentes. Sin embargo, tienen un origen común, y por eso las constelaciones de los astrónomos aparecen en los horóscopos. Pues bien, una vez adornada la mansión, les llegó a los otros astros del cielo el turno para ocupar su lugar en la esfera celeste.

Una muestra diáfana de cuán inseparable es la conexión de lo humano con lo celestial es que en las civilizaciones pasadas encontramos sin falta la tendencia a dotar los cielos de propiedades antropomórficas y a proyectar las leyendas de cada civilización en el orbe astral, como si este fuera el telón de fondo y la escenografía para obras de teatro cuyos actores fueran los dioses. Para los griegos el Sol era el dios Helios, quien atraviesa los cielos en su carroza de llamas; para los babilonios el mismo Sol es el dios Shamash; en Egipto el dios Ra; Inti para los incas y Tonatiuh para los aztecas. Venus, el planeta más brillante en el cielo, era la diosa de la belleza para los romanos, el hermano mayor del Sol para los mayas y Quetzalcóatl, la máxima deidad, para los aztecas. El planeta con color de sangre, Marte, era el dios de la guerra tanto para los romanos como para los incas. Los dioses permanecían muy ocupados en la mansión celestial. Al más veloz, Mercurio, se le asignó la importante tarea de ser el mensajero de los dioses; al más lento, Saturno, se le encargó la agricultura, y Júpiter, el segundo más brillante, era el jefe de los dioses. Vemos cómo la astronomía es parte integral del acervo de las culturas y al mismo tiempo agente de orden en la sociedad, debido a su importancia en establecer los ciclos de calendario que movían la sociedad. Las civilizaciones antiguas y precolombinas aprendieron a usar la astronomía

para guiar la gestión de los cultivos y la navegación, para prever las épocas de lluvia o sequía y el estado de los ríos, y para entender el ciclo de los animales y otras funciones importantes para el buen funcionamiento de la sociedad.

Los astrónomos asirios y babilonios que precedieron a la Grecia antigua observaron temerosamente la bóveda celeste y se dieron cuenta de la danza de los planetas, de las regularidades del movimiento del Sol y de su relación con las estaciones. Los conceptos astronómicos babilónicos alimentaron la imaginación de los poetas de la antigua Grecia, quienes proyectaron en la esfera celeste sus temores y su mundo inmediato y la poblaron de deidades cuyos poderes especiales les permiten mantener en funcionamiento los mecanismos del universo. Los poetas griegos desarrollaron mitos en torno a la creación. Estos quedaron plasmados en la obra *Teogonía*, de Hesíodo, del siglo VII a. C., desempeñaron un papel central en la organización de la sociedad e influyeron por siglos venideros la concepción europea del universo, dominada por la idea de una Tierra esférica e inmóvil en el centro. La residencia de los dioses no podía ser menos que perfecta, y por eso en el universo de los griegos las esferas donde habitaban los astros eran concebidas como objetos perfectos. Tal vez esa perfección asignada a los objetos celestes satisfizo los anhelos estéticos de los poetas, pero infortunadamente entorpeció el avance de la cosmología científica, pues ajustó forzosamente los modelos del mundo a una geometría originada en el capricho de poetas.

La idea de que los objetos astronómicos son immaculados y sus órbitas perfectamente circulares entorpeció el entendimiento del universo por más de 20 siglos. Durante más de 1000 años, en el transcurso de los cuales los sabios en Europa, herméticos y obstinados, se aferraban al paradigma geocéntrico y lo elevaban a la categoría de las ideas sacrosantas e intocables, al otro lado del océano, en el continente americano, una gran diversidad de pueblos indígenas exploraba con libertad el cosmos y desarrollaba cosmologías llenas de significado e intensamente conectadas con sus rutinas diarias. Los habitantes del territorio comprendido entre Mesoamérica y la Patagonia aprendieron a descifrar los patrones celosamente escondidos por los objetos astronómicos y codificaron su conducta en avanzados calendarios que guiaban aspectos fundamentales de su vida. Para los indígenas era importante entender los eventos astronómicos, para descifrar los posibles secretos escondidos en el espectáculo estelar.

Los constructores del modelo del mundo que recibimos de los europeos renacentistas vivieron en el siglo VI a. C. Con base en observaciones directas y en razonamientos geométricos impecables, estos astrónomos idearon un mapa del mundo en el cual dispusieron con perfecta armonía los cinco tipos de objetos astronómicos conocidos en esa época: la Tierra, la Luna, el Sol, los planetas y las estrellas. Desde los griegos, la tarea de construir modelos cosmológicos se basó en descifrar la manera como los objetos astronómicos están acomodados en el espacio y en describir sus movimientos. En otras palabras, para continuar con la analogía de levantar planos de nuestra casa, es como si tuviéramos cinco tipos de muebles en la sala y la tarea consistiera en disponerlos de modo que reprodujeran fielmente las observaciones astronómicas. Y como la tarea tiene por fin establecer un orden en la sala, de allí se deriva el término *cosmos*, que en griego significa *orden y estética*. Por eso la cosmología es el estudio del cosmos —y también por esa razón perdono al periodista que vino a entrevistarme creyendo que mi profesión era la de cosmetólogo en vez de cosmólogo; a fin de cuentas las dos ocupaciones comparten el mismo origen etimológico—.

El plano del universo levantado por los griegos de la antigüedad fue documentado muy detalladamente por el astrónomo Claudio Tolomeo, quien vivió en Egipto entre los años 90 y 168. En el modelo de Tolomeo los “muebles de la sala” quedan así: la Tierra reposa en el centro de la sala, como una poltrona paralizada en solemne quietud; luego se encuentra la Luna, que da vueltas en torno a la Tierra en una órbita circular; siguen los otros objetos que también giran alrededor de la Tierra: Venus, Mercurio, Marte, el Sol, Júpiter y Saturno; y al final, en la periferia de la “sala de baile” de los planetas, nos encontramos con las estrellas pegadas como finísimos adornos sobre una inmensa esfera centrada en la Tierra. La elegancia del modelo se quebrantó cuando Tolomeo quiso explicar los movimientos observados de los planetas. El modelo gozaría de una simetría de gran acierto estético si las órbitas de los planetas fueran perfectamente circulares y estuvieran centradas en la Tierra; mas no hay tal: la simulación es imprecisa, porque no es así como se mueven los planetas. Los arquitectos de este modelo se vieron obligados a introducirle varias complicaciones a la hermosa maqueta del mundo. Empezaron a forzar los planetas a girar en torno a círculos secundarios, llamados *epiciclos*, que a su vez están girando sobre una esfera que encierra a la Tierra, que por cierto no se encuentra justo en el centro,

sino ligeramente desplazada de este, según cuál sea el planeta que interese observar. Con estos ajustes, el modelo, por contrahecho que parezca, se usó extensamente durante 15 siglos para hacer cálculos astronómicos, cuyos resultados tenían pequeños errores que no le restaron utilidad. El modelo además encuadró muy cómodamente con la filosofía de Aristóteles, que influyó de manera decisiva en el pensamiento académico occidental durante la segunda mitad del Medioevo. Los astrónomos y filósofos aprendieron de memoria el plano de Tolomeo y lo usaron como fundamento para avanzar sus teorías e ideologías... hasta el momento en que apareció en escena un inquieto astrónomo polaco que sopló con fuerza sobre la burbuja en que estaba encerrado el templo del modelo, y todo se vino abajo.

Nicolás Copérnico, el astrónomo polaco en cuestión (1473-1543), era canónigo adscrito a la catedral de Frauenburg y tenía también títulos de medicina, matemáticas, derecho, griego y filosofía. Su libro *De revolutionibus orbium coelestium* (*De las revoluciones de las esferas celestes*) fue publicado el mismo año de su muerte. La parte del título que habla de “revoluciones” también se aplica muy apropiadamente a la *revolución* científica que el libro suscitó. A Copérnico no le gustó ni poquito la manera como Tolomeo había dispuesto los muebles en la sala y se propuso hacer un cambio revolucionario que, además de mejorar la estética, también ofreciera mayor precisión y simplificara en gran medida los cálculos astronómicos. Copérnico movió la poltrona central y en su lugar puso el Sol, mientras que la Tierra y los otros planetas los puso a girar en órbitas en torno al Sol, la Luna la puso a girar en torno a la Tierra, y la esfera de estrellas fijas la dejó en su lugar, pero además las inmovilizó. Copérnico murió sin ver los frutos de su trabajo, lo cual, de cierto modo, quizás para él fue una circunstancia más bien afortunada, a juzgar por la suerte que correría después el profesor Galileo Galilei, quien fuera su máximo expositor y defensor.

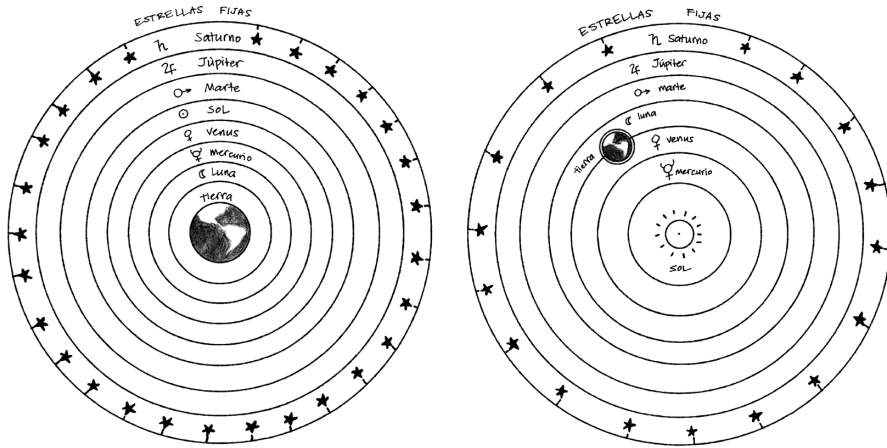


Figura 1.2. Modelos del mundo geocéntrico y heliocéntrico, que muestran los planetas conocidos en la antigüedad

Hace 400 años Galileo apuntó su telescopio hacia el cielo y se dio cuenta de que el universo no actuaba conforme al modelo establecido por Aristóteles y Tolomeo. Galileo se topó con un reto formidable cuando quiso explicar las razones por las cuales consideraba que el modelo del mundo se debía reemplazar por el propuesto por la teoría heliocéntrica (Sol en el centro) copernicana. Las pruebas de Galileo a favor del modelo de Copérnico llegaron al mundo en un libro escrito en italiano —y no en latín, que era la lengua usada por los académicos de la época— y en forma de diálogo entre tres amigos —Salviati, Simplicio y Sagredo— que exponen sus argumentos a favor y en contra de los dos modelos del mundo. Galileo se dio cuenta de que el ambiente filosófico de la época, impregnado de aristotelismo, no era propicio para avanzar en el conocimiento del universo, y en su libro *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo: ptolemaico y copernicano* emprendió una batalla quijotesca contra las ideas de Aristóteles.

Mucho ha cambiado desde el año 1632 —cuando se publicó el *Diálogo*— al día de hoy. La cosmología moderna nos ofrece una nueva propuesta para acomodar los muebles de la sala. Ahora el número de muebles y los linderos de la casa han crecido desmesuradamente. Sin embargo, hay algo que no ha cambiado: las ideas aristotélicas, aún latentes tanto en la cultura popular como en círculos académicos —incluyendo algunos científicos—,

se siguen oponiendo al nuevo modelo. Hoy contamos con un modelo científico del origen y evolución del universo, modelo que se conoce popularmente con el nombre de *big bang*, o *gran explosión*, y que ha despertado la curiosidad, la admiración y a veces también el rechazo del público en general. Aunque el modelo se ha refinado durante los 80 años de observaciones astronómicas que lo sustentan, existe gran confusión sobre sus predicados, su estado de madurez y lo que realmente significa para el gran público. Al mismo tiempo, existe gran interés por entenderlo y por enterarse de los últimos hallazgos de los cosmólogos.

El tiempo es propicio para un nuevo diálogo cosmológico donde se expongan con claridad los argumentos de la cosmología científica, se incluyan sus puntos débiles y se ofrezca una valoración honesta del estado de avance de la cosmología científica. ¿El *big bang* es mito o realidad? ¿Qué dice y qué significa realmente el *big bang*? ¿Cuál es el lugar que ocupa el ser humano en el universo? ¿Las teorías modernas sobre el universo ofrecen conocimiento certero del mundo o son construcciones sociales que reflejan lo que la comunidad científica quiere ver en un modelo del universo? ¿Es el *big bang* el mito moderno de la creación? Esas preguntas sin duda están cargadas de pólvora filosófica y sociológica, pero tal vez por esa misma razón son fundamentales para nuestra sociedad moderna que, querámoslo o no, está construida sobre los cimientos de una cosmovisión científica. Mi reto en las páginas que siguen es afrontar esas preguntas fundamentales. Los invito a espiar un diálogo —basado en discusiones reales— que tuvo lugar durante cuatro jornadas entre tres amigos —un panadero curioso, un sociólogo y un astrofísico—, quienes, al igual que el lector, tienen muchas preguntas sobre el universo y quieren comenzar a entender lo que los científicos están encontrando.

Recientemente han sido publicados varios libros de divulgación científica sobre el *big bang*, unos mejores que otros y algunos notorios por generar mayor confusión. Sin embargo, todos parecen carecer de algo esencial en cualquier trabajo de divulgación científica: son libros que se limitan a presentar un listado de logros científicos que, así expuestos, no tienen sentido para la persona que no es científica y a quien, entonces, el contenido le resulta bastante hermético. La forma de diálogo, como Galileo nos enseñó, es especialmente adecuada para entender el significado de la cosmología moderna, porque mediante la conversación informal se pueden recrear de

manera natural las inquietudes y dudas que surgen espontáneamente cuando el tema se discute entre personas que tienen un deseo legítimo de aprender.

Antes de entrar de lleno en el diálogo me parece conveniente hacer un resumen fácil de comprender por cualquier lector sobre la cosmología del *big bang*. Ello nos permitirá seguir muy de cerca los argumentos que los contertulios esgrimen en un lado y otro del debate. En realidad los conceptos cosmológicos son fáciles de entender y se pueden explicar siguiendo el proceso histórico de las ideas, sin necesidad de invocar fórmulas o planteamientos matemáticos. La historia de la teoría del *big bang*, de la cual nos ocuparemos en los capítulos 2 y 3, es la historia de cómo un arreador de mulas, un boxeador, un empleado de una oficina de patentes y un físico bromista construyeron el modelo del universo que hasta el día de hoy es el más exitoso en la historia de la ciencia.

La cosmología moderna acomoda los muebles en la sala de la siguiente manera: el sistema solar donde se encuentra la Tierra está ubicado en una esquina anónima de un grupo de 100 000 millones de estrellas que danzan arremolinadas en una hermosa estructura a la cual los griegos llamaron Vía Láctea —algo así como “camino lechoso”—, por la apariencia de banda blancuzca que tiene en el cielo. En el universo hay cientos de miles de millones de galaxias como la nuestra, y entre ellas el espacio se hincha. Las galaxias en el espacio parecen pasas en una torta que se infla en el horno. La expansión del universo implica que en el pasado la materia ocupaba menor espacio, y por lo tanto el medio era denso y caliente, como un reactor nuclear donde se formaron los elementos químicos primordiales —el hidrógeno, el helio— y algunas trazas de otros elementos ligeros, como el litio. En el proceso de formar ese sustrato, del que más adelante se formarían estrellas y galaxias, se generó mucha luz. La sopa de materia y luz se enfriaba a medida que el espacio se expandía, y después de 380 000 años la materia y la luz se divorciaron y cada una siguió su propio camino, sin importarle lo que la otra hiciera. El estira y afloje que se dio entre la luz y la materia justo antes del divorcio dejó grabada en la luz una impresión de ese proceso. Esa luz, que ahora viaja libremente y llena todo intersticio del espacio, pierde energía a medida que el universo se expande, y si pudiéramos recogerla con un aparato sería como tomarle una foto al universo cuando este tenía apenas 380 000 años. Fue justamente esa imagen la que logró obtener en 1992 el satélite Cobe (llamado así por su acrónimo en inglés de Cosmic

Background Explorer, o Explorador del Fondo Cósmico). Las características de la radiación de fondo de origen cosmológico observadas por el Cobe y los resultados de una multitud de experimentos son consistentes con la teoría cosmológica del *big bang*. La teoría del *big bang* también explica de manera coherente otras observaciones astronómicas, como las agrupaciones características de las galaxias en el espacio y la abundancia de elementos químicos en el universo. Sin embargo, para que esta teoría funcione bien es necesario postular la existencia de formas de materia y energía que hasta el día de hoy no se han detectado directamente. Y ese es justamente el lado oscuro del *big bang*, del cual nos ocuparemos en el momento oportuno en estas páginas.

El lector notará que en los párrafos anteriores usamos los vocablos *modelo* y *teoría* sin matizar posibles diferencias en sus significados. Aunque a los filósofos les pueda mortificar esta falta de diferenciación, en el marco de este libro no nos enredaremos en discusiones pedantes sobre el significado preciso de esos términos. De una vez queda anunciado que para facilitar la exposición se usará el término *modelo* como sinónimo de *teoría*. Lo mismo se hará con los términos *experimento* y *observación*. Es claro que no resulta posible acudir —como lo haría un químico— a un laboratorio para repetir el experimento de la formación del universo, o someter una estrella a las condiciones controladas de un laboratorio. Por otra parte, podríamos pensar que el universo es un experimento ya realizado y que los astrónomos se encargan de observar y analizar los resultados del experimento. Lo que se quiere decir con *observación* o *experimento* es lo mismo: el universo es observable y susceptible de ser medido.

El *big bang*, junto con el modelo estándar de las partículas elementales, explica los eventos ocurridos en la historia del universo a partir de pocas fracciones de segundo después del tiempo cero, pero existen grandes dificultades para explicar qué ocurrió en las primeras fracciones de segundo. En parte esta dificultad se debe a que carecemos del marco teórico adecuado para describir el comportamiento de la materia a tan altas temperaturas y densidades. Los físicos han desarrollado una extensión al *big bang*, llamada *modelo inflacionario*, que trata el asunto de lo que ocurrió en las primeras fracciones de segundo. La *inflación* —concepto que no guarda ninguna relación con el que se usa en economía— postula una época inicial de crecimiento locamente acelerado que resuelve algunos problemas del *big bang*. Es posible que en un futuro, cuando maduren las teorías de partículas



elementales, el mecanismo inflacionario sea reemplazado por un concepto nuevo. De ocurrir esto, el *big bang* original no perdería validez; por el contrario, ganaría un piso firme.

De nuevo regresamos a las preguntas fundamentales: ¿es el *big bang* una mera teoría? ¿Es confiable y seguro el conocimiento que la cosmología científica propone sobre el universo? Si queremos sostener un diálogo honesto sobre cosmología, no podemos evadir ni hacer desaparecer este tipo de preguntas, pues son justamente las que surgen una y otra vez en las conversaciones sobre el tema. Además, la cosmología científica se contraponen muchas veces a la cosmovisión popular sobre el mundo, y desde la década en que inició, en 1960, ha surgido una intensa crítica —proveniente de un círculo de académicos cercanos a la sociología y a las humanidades— a las proclamas que hace la ciencia sobre su superioridad epistémica.<sup>1</sup>

Llegamos así al momento adecuado para detenernos brevemente en el concepto de *cosmovisión*, que se diseminó con algo de inconsciencia —y sin aclarar su significado preciso— en los párrafos precedentes. Cuando se habla del universo —de su origen, formación y evolución—, al mismo tiempo se alude a algo muy íntimo del ser humano: las construcciones mentales que este elabora para dar respuesta a su deseo e inclinación naturales por entender su propia existencia y por hallar una explicación a las experiencias. Esa lente bajo la cual observamos e interpretamos el mundo es lo que constituye nuestra cosmovisión. Por supuesto, la construcción mental que hacemos de pequeños modelos del mundo también tiene una dimensión grupal que confluye con la cosmología que estudian los antropólogos. Cada persona construye individualmente un modelo mental del mundo que a su vez refleja el pensar colectivo. La mente humana es como un depósito en cuyas paredes se encuentra todo tipo de ganchos para colgar las experiencias acumuladas durante el día. De alguna forma tenemos la necesidad de hacer que todo eso que “colgamos” en la cabeza encuentre equilibrio —que las ideas nuevas se apoyen en ideas viejas y formen una estructura que nos brinde algo de seguridad—. Sentirnos a gusto con un concepto es como haber

---

<sup>1</sup> Epistemología (del griego *episteme*, “conocimiento”) es la teoría del conocimiento, una rama de la filosofía que se ocupa de preguntas relacionadas con este tema: ¿cómo obtenemos conocimiento del mundo externo? ¿Cómo sabemos que ese conocimiento es válido? ¿Es confiable la información entregada por los sentidos?, etc.

encontrado para el mismo el gancho justo en el lugar adecuado, de modo que el concepto encaje bien en medio de otras ideas circundantes. Este orden o cosmovisión es el que le da coherencia a nuestra concepción mental del mundo, orden que se solidifica con el paso del tiempo y se refuerza también en parte con las influencias del medio. En resumen, la cosmovisión equivale a unos hilos invisibles en el cerebro que nos permiten acomodar las ideas para elaborar un modelo interno del mundo —es el andamiaje dentro de la cabeza de donde podemos colgar ideas y conceptos, es la manifestación individual del principio de causalidad que nos explica el mundo y le da sentido—. Lo que se busca al definir el significado de *cosmovisión* no es entrar en lucubraciones metafísicas; la definición se propone con el fin de prestar apoyo, de servir como instrumento discursivo que facilite la comprensión del concepto. Para Simplicio —uno de los contertulios del diálogo al que pronto asistiremos— una cosmovisión es algo así:

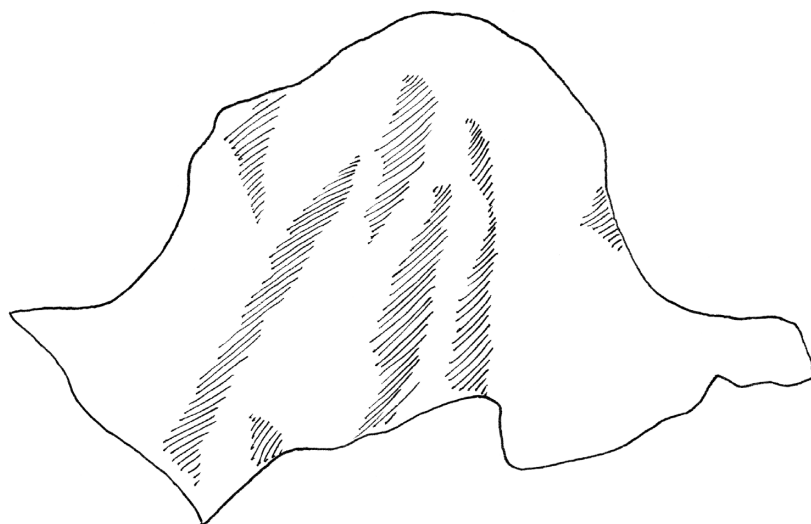


Figura 1.3. Extraña visión de Simplicio

Infortunadamente, Simplicio no nos explicó muy bien el significado de este enigmático dibujo. Para dilucidar el enigma habrá que espiar las conversaciones entre Simplicio y sus amigos. Es más, el lector acaba de quedar

formalmente invitado a sentarse en su poltrona —no importa dónde quiera colocarla, si en el centro de la sala o en una periferia poco visible— para explorar el universo y participar del debate cosmológico con Simplicio, Sagredo y Salviati. En esta visita guiada por el universo se examinarán las fronteras donde los exploradores están excavando para sacar a la luz objetos maravillosos que estaban escondidos en el universo profundo; y a lo largo del recorrido estará siempre presente esta pregunta: ¿qué significa todo esto?



## CAPÍTULO 2 EL UNIVERSO SE INFLA

*En marzo volvieron los gitanos. Esta vez llevaban un catalejo y una lupa del tamaño de un tambor, que exhibieron como el último descubrimiento de los judíos de Ámsterdam. Sentaron una gitana en un extremo de la aldea e instalaron el catalejo a la entrada de la carpa. Mediante el pago de cinco reales, la gente se asomaba al catalejo y veía a la gitana al alcance de su mano. “La ciencia ha eliminado las distancias”, pregonaba Melquíades. “Dentro de poco, el hombre podrá ver lo que ocurre en cualquier lugar de la tierra, sin moverse de su casa”.*

Gabriel García Márquez, *Cien años de soledad*

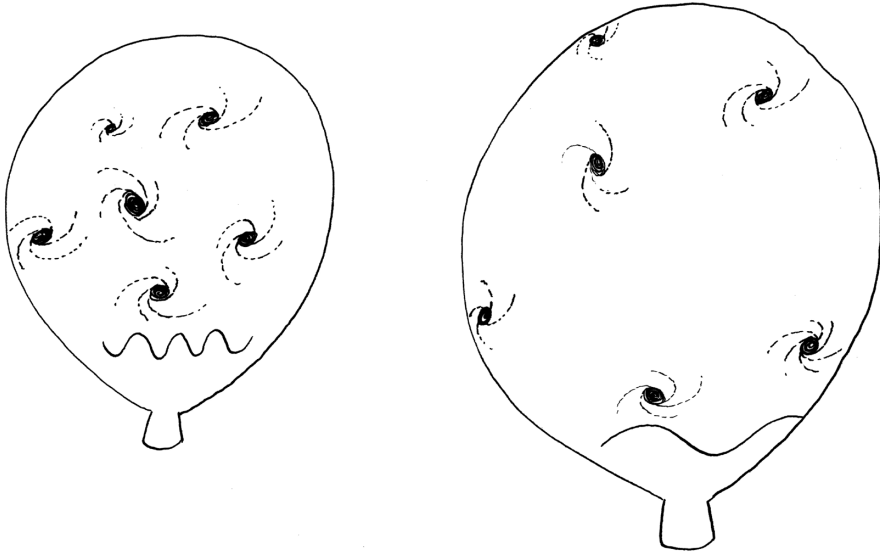


Figura 2.1. El universo se infla

Explorar el universo nos conduce de manera ineludible a estirar la imaginación para ponderar las vastas distancias y los intervalos de tiempo insondables con los que se manifiesta ese maravilloso cosmos que nos atrae con una fuerza innata. La inmensidad del universo tiende a hacer aflorar en nosotros el temor a enfrentarnos a escalas de espacio y tiempo abrumadoramente superiores a la escala humana; es como si existiese un límite en nuestra capacidad mental para digerir ciertos conceptos que incluyen miles de millones de kilómetros y miles de millones de años. Una de las preguntas más frecuentes que me formulan cuando hago presentaciones sobre el universo, es: ¿cómo es posible que nosotros, los seres humanos, de proporción minúscula con relación a las galaxias, estudiemos el universo a gran escala y comprendamos los procesos que ocurren a unas distancias inimaginables?

La pregunta es válida, y los intentos de respuesta han generado un debate milenario —que continúa hasta el día de hoy— entre filósofos, sociólogos, físicos y astrónomos. Sin embargo, es preciso anotar que las observaciones astronómicas de los últimos 45 años nos han enseñado y revelado más sobre el universo que todas las especulaciones filosóficas acumuladas en los 2500 años precedentes. La lección es que el universo en su totalidad es materia legítima de estudio científico, siempre y cuando se derrumben los muros conceptuales que nos mantienen encerrados en un pequeño domino de escalas de espacio y tiempo. Sí, podemos explorar la inmensidad del cosmos. Les contaré un experimento que realicé para demostrar que las escalas de los objetos astronómicos están al alcance de nuestra comprensión.

¿Será acaso posible que una niña de 10 años de edad mida el tamaño de nuestro planeta Tierra? No estoy hablando del ejercicio trivial de medir el diámetro de un mapamundi con una regla y luego multiplicar el resultado por el factor de escala reportado en el mapa. No. El fin del ejercicio es pensar en cómo, con los recursos que una niña pequeña tiene disponibles, se podría hacer una medición directa del tamaño de la Tierra. Para ambientar mejor el desarrollo del tema que nos ocupará en este capítulo quiero presentarle al lector un reto: le propongo que se siente y dedique unos minutos a pensar en cómo medir el tamaño de la Tierra —claro está, sin la ayuda de naves espaciales u otras tecnologías avanzadas—. El método más sencillo que se me ocurre para medir distancias sobre la superficie de la Tierra es caminar: medimos con un metro corriente la distancia que se avanza en un paso; luego caminamos la distancia que queremos medir y vamos contando el

número de pasos realizados, y al final multiplicamos el número de pasos por el tamaño de un paso para calcular la distancia total. No es que vayamos a llegar muy lejos con esta fórmula: quizás una niña camine a lo sumo una distancia no superior a los 100 kilómetros en unos dos días. Evidentemente esta propuesta no funciona, pues la Tierra es muchísimo más extensa. Además, la tarea anterior se parece a las que en ocasiones asignan los maestros —a veces poco prácticas y engorrosas— y es también del estilo que tiende a causarles a los padres cierto malestar. Así pues, mejor será que utilicemos la imaginación y pensemos en un método más práctico.

Le adelanto al lector que con mis alumnas de 10 años logramos hacer la medición en menos de 15 minutos, con la única ayuda de una regla, un metro y un transportador. Al final obtuvimos un resultado que tenía apenas un 7 % de error. El experimento fue publicado en una revista profesional de educación<sup>1</sup> y sirvió para enseñarles a las alumnas que sí es posible entender y manejar distancias muchísimo más grandes que la escala humana. El método que utilizamos para hacer esta medición fue inventado en la antigua Grecia —gracias a los sabios griegos sabemos desde hace 2200 años que la Tierra es redonda y que tiene una circunferencia de 40 000 kilómetros—. Los datos modernos sobre el tamaño de la Tierra indican que en la realidad su forma no es exactamente esférica, sino más bien algo achatada en la dirección que une el Polo Norte con el Polo Sur: si medimos la circunferencia de la Tierra a lo largo del ecuador terrestre encontramos que es de 40 075 kilómetros, pero si lo hacemos a lo largo de una trayectoria que pasa por los polos, la distancia recorrida sería 134 kilómetros más corta. Para entender cómo los griegos lograron semejante hazaña les contaré la historia de Beta.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> S. Torres y J. Powers, “Eratosthenes Visits Middle School: Assessing the Ability of Students to Work with Models of the Earth”, en *Science Scope*, vol. 32, n.º 8, abril de 2009, pp. 47-51; véase también el sitio *web* del proyecto: <http://astroverada.com/earth/>.

<sup>2</sup> Los documentos originales de Eratóstenes no se conservaron, pero los detalles de la medición realizada por él aparecen en los relatos de historiadores como Strabo, Cleomedes, Vitruvius y Plinio, y en la geografía de Tolomeo. Un buen resumen de la historia de la medición del tamaño de la Tierra lo ofrece George Sarton (*A History of Science*, vol. 2, “Geography and Chronology in the Third Century-Eratosthenes of Cyrene”, Cambridge, Harvard University Press, 1959, cap. 6, p. 99). El problema del “estadio” y la ambigüedad en su conversión a otras unidades de medida conocidas está exhaustivamente tratado por Diller en Aubrey Diller, “The Ancient Measurements of the Earth”, en *Isis*, n.º 40, 1949, pp. 6-9.

El 21 de junio del año 230 a. C., Beta se levantó más temprano que de costumbre. Estaba un tanto malhumorado por pasar una mala noche. Unos perros le habían interrumpido el sueño y, para empeorar las cosas, la cabeza le daba vueltas por causa de los planes para la “fiesta del pozo”. A su jefe se le había ocurrido la maravillosa idea de celebrar esa fiesta, que para Beta no era sino una distracción que le robaría tiempo precioso que prefería dedicar a un importante proyecto que tenía entre ceja y ceja: elaborar el mapa de todo el mundo habitable. Sin saber que esa mañana haría una contribución significativa al conocimiento del universo, Beta hizo lo que pudo para sacudirse la pesadumbre que desde tan temprano amenazaba arruinarle el día. Decidió, con sabiduría y sentido común, comenzar con un buen desayuno. Por fortuna su trabajo le proporcionaba todas las comodidades posibles, entre ellas, personal suficiente para encargarse de los asuntos mundanos, como el desayuno. Beta llamó a sus sirvientes e impartió órdenes para que prepararan un pulpo recién traído del mercado; seguidamente dio instrucciones para que lo marinaran en especias orientales, albahaca fresca y olivas. Indicó que se trajera a la mesa suficiente pan, queso de cabra y miel para todo su equipo de trabajo.

Después de una breve caminata a orillas del Mediterráneo, Beta se encontraba en mejor disposición y llegó al desayuno de trabajo cargado de ideas para la “fiesta del pozo”. La brisa fresca del Mediterráneo le ayudó a poner en orden sus ideas, así que dejó de quejarse de la tarea frívola que su jefe le había impuesto. Al fin y al cabo su jefe era nada más y nada menos que el rey Tolomeo III Evergetes, quien gobernaría la colonia helénica en Egipto entre los años 247 y 222 a. C., un período de considerables avances en las ciencias y las artes. En esa época ya las guerras de conquista y expansión de los griegos habían terminado y se gozaba de una etapa de prosperidad sin precedentes. La ciudad de Alejandría —fundada por Alejandro Magno en 331 a. C.—, que era la metrópoli más importante de todo el Mediterráneo, se había convertido en un centro de poder y avance científico que atraía a los más grandes pensadores de la época, incluido nuestro Beta.

*Beta* es el apodo que los colegas envidiosos le dieron a Eratóstenes de Cirene, un gran genio que se destacó en todas las áreas de estudio, entre ellas las matemáticas, la filosofía, la astronomía, la poesía y la geografía. Gozó desde muy pequeño de un acceso privilegiado a las mejores escuelas y a los profesores más destacados. En su ciudad natal de Cirene (actual Shahhat, en



Libia), que era otro de los grandes centros culturales del mundo helénico, fue discípulo de Lisianias de Cirene y del poeta Calímaco. Luego estudió en la academia más prestigiosa de Atenas bajo la tutela de importantes filósofos, como Arcesilaos de Pitane y Aristo de Ceos, director del Liceum. Aunque las ciencias y las matemáticas eran componentes importantes de la escuela ateniense, sus estudios fueron principalmente filosóficos. En el 244 a. C. fue llamado por el rey egipcio Tolomeo III Evergetes para que se encargara de la Biblioteca de Alejandría, cargo que automáticamente lo hizo tutor de Philopator, hijo del rey y quien más adelante sucedería a su padre en el poder. La Biblioteca alejandrina, o *Mousaion*, era el establecimiento más avanzado y más bien dotado de la época en ciencia y cultura. Su generosa arquitectura ofrecía a los investigadores hermosos jardines para pensadores peripatéticos,<sup>3</sup> salas de lectura, laboratorios y una inigualable colección de pergaminos. Era un sitio ideal para cultivar el amor por el conocimiento, en resumen, un *mousaion*, o altar de las musas, las nueve deidades de la mitología griega, inspiradoras de la música, las ciencias y las artes. Ese vocablo griego dio origen a la palabra *museo*.

Como director de la biblioteca más grande y más importante del mundo helénico de la época, Eratóstenes tenía el privilegio de estar al día en los conocimientos científicos casi tan pronto estos se generaban. Por sus manos pasaban todos los relatos de periplos improbables, de viajeros, comerciantes y exploradores que traían noticia y detalles de tierras lejanas. Se convirtió en un famoso erudito y en un gran maestro conocedor de muchos temas, por lo cual sus colegas, cada vez más especializados y que veían con recelo el dominio que él exhibía sobre todos los temas que tocaba, lo apodaron *Pentathlos* (ganador de las cinco competencias de los juegos olímpicos). Los matemáticos lo criticaron por no ser “purista” y por dispersarse en estudios pertenecientes a otras disciplinas. Eratóstenes, además, era el miembro *alfa* —es decir el más destacado— del *mousaion*, pero fue apodado *Beta* (la segunda letra del alfabeto griego) por sus enemigos, quienes pretendían —por

---

<sup>3</sup> Del griego περιπατητικός (*ambulante* o *itinerante*), es el nombre de la escuela fundada por Aristóteles. El término puede aludir a los portales cubiertos del Liceo donde funcionaba dicha escuela, conocidos como *perípatoi*, o bien a los enramados bajo los que caminaba Aristóteles mientras impartía su doctrina.