





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, entrelazada en estas páginas ¡es sorprendente!

# CAPÍTULO 1

## LOS MODELOS DEL MUNDO

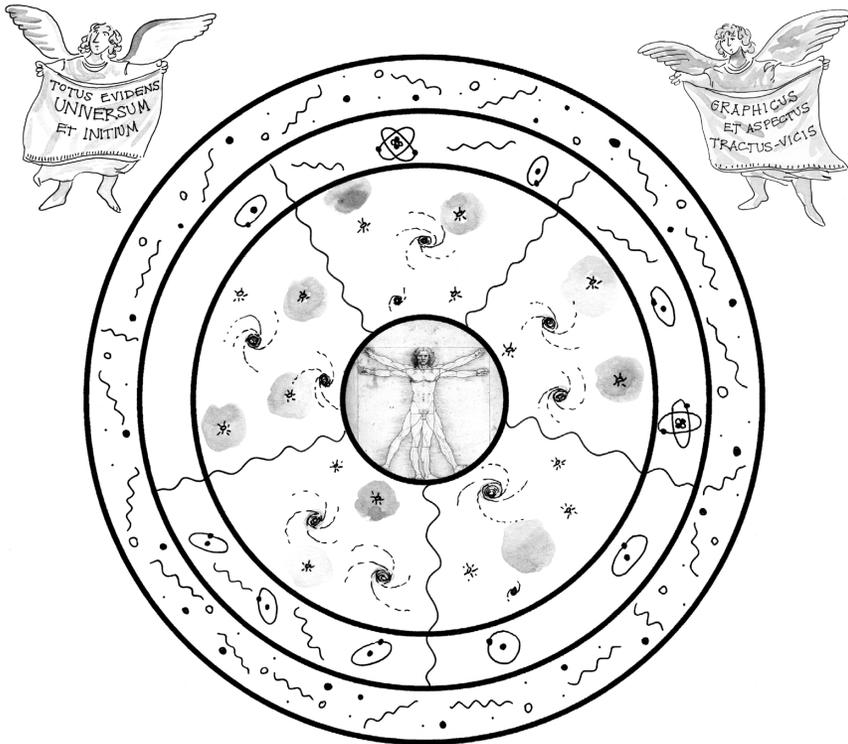


Figura 1.1. Mapa moderno del universo. Las imágenes astronómicas que le llegan a un observador en el centro del universo visible vienen del pasado, por lo tanto revelan la historia del universo

“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.

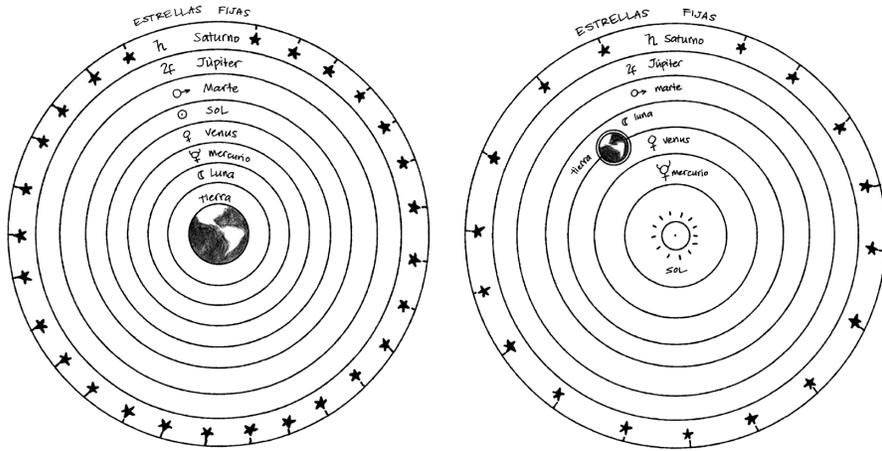


Figura 1.2. Modelos del mundo geocéntrico y heliocéntrico, que muestran los planetas conocidos en la antigüedad

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