

GEORGE SMOOT
KEAY DAVIDSON

ARRUGAS
EN EL
TIEMPO



GRANO DE SAL 

Todo lo que somos y todo lo que nos rodea proviene de un mismo lugar y un mismo momento: el Big Bang. La cosmología contemporánea, esa disciplina en que la astronomía convive con la física cuántica y la relatividad general para estudiar el origen y la evolución temprana del universo, explica el surgimiento y la distribución de los cuerpos celestes y los elementos químicos. George Smoot y Keay Davidson presentan en este libro un recuento de los hitos que a lo largo del siglo XX transformaron nuestro modo de comprender el cosmos; es además una emocionante bitácora de las aportaciones del propio Smoot —con globos que ascienden a la estratosfera, aviones bombarderos adaptados para la exploración científica, severos viajes a la Antártida, todo ello aderezado con las rivalidades entre distintos grupos de investigación— para escudriñar en el fondo cósmico de microondas, como nunca se había hecho antes, en busca de pequeñas irregularidades —las “arrugas en el tiempo” del título— en la estructura del espacio-tiempo en los primeros momentos del Big Bang. Tal vez la contagiosa pasión que irradia este libro provenga de la certeza de George Smoot de que esos hallazgos fueron “como mirar a Dios” pues logró “vislumbrar el momento mismo de la creación”. Por eso Stephen Hawking consideró que éste fue “el descubrimiento científico del siglo, si no es que de todos los tiempos”.

Traducción de NÉSTOR MÍGUEZ y J. A. GONZÁLEZ COFRECES

Smoot recorre aquí la ruta, difícil y sinuosa, que lo condujo a encontrar las semillas que engendraron el universo estructurado y poco uniforme de hoy. Es una gratificante puerta de entrada a la cosmología moderna, una visión rara del proceso de creación científica y un tejido de aventuras muy divertidas, todo en uno. Merece ser leído por un público amplio.

DAVID DARLING,
THE NEW YORK TIMES

A lo largo del libro, Smoot utiliza elegantes metáforas y descripciones precisas para disipar la densa niebla que separa a la ciencia del público. En vez de perecer con el lenguaje técnico y los datos esotéricos, se presenta aquí el amorio entre los afanes de la investigación científica y las maravillas propias de la ciencia.

JEFFERY KAHN,
LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY

www.granodesal.com



ISBN: 978-607-98249-0-7



9 786079 824907



Arrugas en el tiempo

Arrugas en el tiempo

GEORGE SMOOT
Y KEAY DAVIDSON



Traducción de Néstor Míguez
y J. A. González Cofreces



Primera edición en Grano de Sal, 2018
Primera edición en inglés, 1993

Título original: *Wrinkles in Time*
Copyright © 1993 by George Smoot.
Preface copyright © 2007 by George Smoot.
All rights reserved.

Traducción: Néstor Míguez y J. A. González Cofreces
Revisión técnica de la traducción: Omar López Cruz
Diseño de portada: León Muñoz Santini y Andrea García Flores

D. R. © 2018, Libros Grano de Sal, SA de CV
Av. Casa de Moneda, edif. 12-B, int. 4, Lomas de Sotelo, 11200,
Miguel Hidalgo, Ciudad de México, México
contacto@granodesal.com
www.granodesal.com  GranodeSal  LibrosGranodeSal

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio, sin la autorización por escrito del titular de los derechos.

ISBN 978-607-98249-4-5 (formato PDF)

Impreso en México • *Printed in Mexico*

Índice

Nota del revisor	9
Prólogo a la nueva edición en español	15
Prólogo	17
1. En el comienzo	19
2. El oscuro cielo nocturno	37
3. El universo en expansión	61
4. Conflicto cosmológico	83
5. En busca de antimundos	105
6. Un espía en el cielo	131
7. Un universo diferente	153
8. El corazón de las tinieblas	173
9. El universo inflacionario	193
10. La promesa del espacio	211
11. COBE: la alternativa	233
12. Primera ojeada a las arrugas	251
13. Un lugar horrible para hacer ciencia	273
14. Hacia la pregunta definitiva	295
Agradecimientos	319
Lecturas sugeridas	322
Colaboradores del proyecto COBE	324

En 1968, James D. Watson publicó *La doble hélice*, un libro escrito con lenguaje llano con el que buscó alcanzar al público en general. Es el relato de la participación del propio Watson en el descubrimiento de la estructura del ADN, uno de los hallazgos más importantes de la humanidad; encontrar que la vida se escribe con cuatro “letras” encapsuladas en una secuencia con forma de doble hélice representó el triunfo de las ciencias interdisciplinarias. Watson desvelaba ahí los secretos más profundos de la investigación científica. El protagonista era él mismo y no tenía empacho en compartir su opinión sobre el estilo y el proceder de sus colegas. Muchas personas se ofendieron, se rompieron amistades e incluso hubo intentos de prohibir la publicación. Siguiendo los pasos de Galileo, Watson inauguró el género de la memoria científica que relata los pormenores de un gran descubrimiento. En 1962, compartió el Premio Nobel de Fisiología o Medicina con su amigo, hasta entonces, Francis Crick y Maurice Wilkins. Crick y Wilkins recomendaron que el libro no se publicara. Wilkins señalaba que los comentarios de Watson eran injustos hacia Rosalind Franklin (1920-1958) y que además mostraba una cara demasiado humana de los científicos, que no era bueno divulgar. También hubo muchas personas que defendieron a Watson, entre ellos sir Peter Medawar, también ganador del Nobel en Fisiología. En medio de todo el escándalo, se publicó el libro, que fue recibido con mucho entusiasmo. Ha servido desde entonces a generaciones de genetistas y a muchos jóvenes como inspiración para embarcarse en la aventura de la investigación científica.

El libro que el lector tiene en sus manos es el equivalente de *La doble hélice* para la cosmología. Se ocupa del descubrimiento de las arrugas en el tiempo, o sea las fluctuaciones que dieron origen a las galaxias, que además sirvió para poner la teoría del Big Bang sobre un cimiento sólido y de paso dar soporte a la extraña teoría de la inflación. Aquí, el profesor George Smoot narra su búsqueda y los sacrificios personales a lo largo de 15 años de investigación, que finalmente fueron coronados con el descubrimiento de las arrugas en el tiempo en el fondo de radiación cósmica, con el satélite COBE (Cosmic Background Explorer). Es una odisea cargada de aventuras y desventuras. Narra la influencia de grandes maes-

tros que le mostraron el camino y cómo él lo fue recorriendo para responder una pregunta fundamental. El autor comparte cómo funciona la red de grandes centros de investigación de todo el mundo, describe cómo pudo echar mano de una gran variedad de infraestructura científica de Estados Unidos, incluyendo la industria de los satélites de comunicación y las instalaciones militares. Hubo momentos en que la empresa del profesor Smoot parecía una misión imposible. Aquí cuenta cómo él y sus colaboradores lograron vencer muchos obstáculos y trabajar sin descanso para alcanzar el último vuelo de un cohete que quedaba en una base militar de California. Muestra que Smoot tiene una personalidad atractiva entre sus colegas y también describe su estilo personal de enfrentar y resolver problemas científicos y de índole práctica. Smoot trata de mantener pura su alma de científico, pero no se puede negar a recibir apoyo de aviones espía que vuelan a gran altura, o de las bases militares donde se probaban misiles intercontinentales. No hay que olvidar este aspecto de la tecnología. Recordemos que el mismo genio alemán que construyó los cohetes bomba V2 que aterrizaron a los ciudadanos ingleses, Wernher von Braun, tuvo un papel fundamental para llevar al hombre a la Luna: así comenzó la era de la exploración interplanetaria. Smoot presenta en este libro el inicio de una nueva cosmología, que se conoce como “cosmología de precisión”. El descubrimiento de Smoot y su grupo, al igual que el de Watson y sus colaboradores, reveló un panorama inesperado y, de alguna forma, comprensible en un mundo que a veces parece no tener sentido.

Tras su visita a Estocolmo para recibir el Premio Nobel en 2006, Smoot decidió hacer que la cosmología se volviera más popular. Ejemplo de ello es que ayudó a mis colegas Jorge Cervantes y Áxel de la Macorra a consolidar en México el Instituto Avanzado de Cosmología (IAC) en 2007, cuyo propósito es agrupar a científicos de todo el país interesados en el estudio del universo. En 2009 se inició la serie *Cosmology on the Beach*, con la que se han enseñado a las nuevas generaciones las bases teóricas y observacionales de la cosmología. Los mejores cosmólogos del mundo han visitado las mejores playas de México para impartir cursos.

LA PAZ, PUERTO DE LA CIENCIA fue una iniciativa que comenzó en 2014. Ese año, *Cosmology on the Beach* regresó a Cabo San Lucas. El profesor Smoot tenía planeado impartir una charla para todo público en Los Cabos. De la Macorra y Cervantes me pidieron que organizara la conferencia; sin embargo, pronto nos pareció más interesante realizarla en La

Paz, la capital del estado, donde se encuentra la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS) y varios centros de investigación, en su mayoría especializados en biología marina. Le pedí ayuda al doctor José Franco López, en ese momento presidente de la Academia Mexicana de Ciencia (AMC), para que me pusiera en contacto con las instituciones de educación superior e investigación en Baja California Sur. Asimismo recurrí al entonces senador Carlos Mendoza Davis, para pedir su apoyo. El Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) también respaldó la iniciativa. Esperaba que la conferencia sólo se dirigiera a universitarios, estudiantes de posgrado e investigadores, pero el doctor Sergio Hernández, entonces director del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (Cibnor), sugirió que se impartiera en el Teatro de la Ciudad. Dudé por un momento, pues no creí que pudiéramos llenarlo, pero Sergio me aseguró que lo lograríamos. Me presentó entonces a la doctora Sara Díaz Castro, directora del Programa de Acercamiento de la Ciencia a la Educación (PACE) del Cibnor. El 26 enero de 2014, ante un repleto Teatro de la Ciudad, que tiene capacidad para unas mil personas, el profesor Smoot dictó la conferencia “El nuevo mapa del universo”. Se esperaba que esto fuera un evento único, pero la entusiasta respuesta del público dio origen a LA PAZ, PUERTO DE LA CIENCIA. En todo este tiempo, la doctora Díaz Castro ha sido mi compañera de aventuras.

LA PAZ, PUERTO DE LA CIENCIA ha organizado de manera ininterrumpida un encuentro anual, en el que los más importantes investigadores y divulgadores de México han impartido conferencias para todo público, siempre en el Teatro de la Ciudad. En 2015, participaron el médico, historiador y filósofo Ruy Pérez Tamayo y la divulgadora científica Estrella Burgos; en 2016, la astrónoma Julieta Fierro y el químico Eusebio Juaristi Cosío; en 2017, el experto en el origen de la vida Antonio Lazcano Araujo y lamentablemente el doctor Adolfo Martínez Palomo canceló de último minuto. Al enterarse de que su visita a Baja California Sur había detonado esta iniciativa, el profesor Smoot se mostró muy complacido; desde entonces hemos cultivado una buena amistad y tenido la oportunidad de contar con sus consejos.

La lista de patrocinadores de LA PAZ, PUERTO DE LA CIENCIA ha ido creciendo y modificándose. Inicialmente contamos con el Senado de la República, el Gobierno de Baja California Sur, la AMC, El Colegio Nacional, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) —a través de dos de sus centros públicos de investigación: el INAOE y el Cibnor—, el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (Cicimar), la UABCS y el

Consejo Sudcaliforniano de Ciencia y Tecnología (Coscyt), a los que luego se unió la Benemérita Escuela Normal Urbana Domingo Carballo Félix. Para celebrar los primeros cinco encuentros, buscamos patrocinio para publicar una nueva edición de *Arrugas en el tiempo*. La respuesta fue más entusiasta de lo que habíamos anticipado. El Instituto Politécnico Nacional (IPN) respondió de inmediato y mostró mucho interés para incluir la publicación de este libro dentro de las actividades por el décimo aniversario de la fundación del Grupo de Astrofísica de la Escuela Superior de Física y Matemáticas (ESFM). El Consejo de Ciencia, Tecnología e Innovación (CITNOVA) y la Unidad de Planeación y Prospectiva del Estado de Hidalgo también respondieron de manera muy entusiasta y decidieron incluir esta obra entre sus actividades de promoción y divulgación de la ciencia. También se unieron al esfuerzo el Archivo Histórico de Baja California Sur Pablo L. Martínez (AHPLM), el Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCYT), la Sociedad Mexicana de Física (SMF), la AMC y el IAC.

Con la aprobación del profesor Smoot, ofrecemos esta nueva edición de *Arrugas en el tiempo*, a 25 años de su publicación inicial. El editor Tomás Granados Salinas y yo hemos hecho un gran esfuerzo para actualizar y adaptar el relato original al español de México. Me he tomado la libertad de hacer algunas anotaciones técnicas y biográficas —identificables con la fórmula “N. del r.”, o sea “nota del revisor”— para ayudar al lector y ofrecerle el desenlace de algún proyecto científico que se encontraba en marcha en 1993.

Para cerrar esta nota, deseo agradecer a todas las personas que han hecho posible esta publicación, en especial a Omar Fayad, gobernador de Hidalgo —cuya convicción respecto de la actividad científica en nuestro país lo ha llevado a pensar en grande, como puede verse en su búsqueda por desarrollar un sincrotrón en ese estado—; al maestro Carlos Mendoza Davis, gobernador de Baja California Sur; al doctor Leopoldo Altamirano Robles, director del INAOE; al doctor Daniel Luch Cota, director del Cibnor; a la doctora Sara Díaz Castro, directora del PACE; al doctor Humberto Soto Rodríguez, director de la Fundación Politécnico; al doctor Miguel Tufiño Velázquez, director de la ESFM del IPN; al doctor José Franco López, director del FCCYT; al doctor Darío Núñez, presidente de la SMF; a la doctora Laura Treviño, directora del Coscyt; al doctor Jorge Cervantes, director general del IAC; al doctor José Luis Morán, presidente de la AMC; a la maestra Elizabeth Acosta Mendía, directora del AHPLM, y a Mario Rodríguez Meza, tesorero del IAC. Deseo agradecer a

Tomás por haberme confiado la revisión técnica. También a Azie, Emiliano, Allan e Himalia, por permitirme llenar con libros la sala de la casa mientras hacía mi trabajo.

La emoción que vivió Smoot al compartir sus descubrimientos me hace recordar las razones que me trajeron a la investigación científica. Espero que esta emoción sirva para inspirar a los jóvenes lectores de este libro a acercarse a la ciencia y para que juntos celebremos la aventura del pensamiento.

OMAR LÓPEZ CRUZ
Instituto Nacional de
Astrofísica, Óptica y Electrónica

Prólogo a la nueva edición en español

Veinticinco años después de la primera publicación de *Arrugas en el tiempo*, me complace redactar un nuevo prólogo para esta edición; particularmente, es grato destacar que este libro aún cumple sus propósitos originales, que son difundir entre los lectores las bases de la cosmología, contar la historia de un afortunado investigador que aprende sobre nuestro universo y despertar el interés de los jóvenes científicos del mañana.

Vale la pena hacer notar también que, tras esos 25 años, el libro aún es relevante y pertinente a pesar de los notables avances cosmológicos, como el descubrimiento en 1999 de la actual aceleración del universo, la muy reciente (2018) revelación de que las primeras estrellas se encendieron cuando el universo tenía unos 200 millones de años, los mapas con la ubicación de millones de galaxias y la posibilidad de observar, literalmente, miles de planetas. También hemos visto las ondas gravitacionales emerger de agujeros negros que se fusionan. Estamos en un punto en el que contamos con observaciones del universo desde una fracción de segundo después de que se originó hasta la formación de los sistemas planetarios y el surgimiento de la vida en la época actual.

Mientras que estos nuevos avistamientos pueden ser espectaculares y emocionantes, las observaciones del fondo de radiación cósmica (CMB, por las siglas en inglés de *cosmic microwave background*) todavía son la base de la mayor parte de la información precisa que se tiene sobre el universo, su contenido y su historia. Las observaciones originales que registró el COBE en 1992, y que se dieron a conocer en *Arrugas en el tiempo*, fueron antecedentes e inspiración del satélite WMAP diez años después, al que le siguió el Planck en la década siguiente, junto a una serie de observaciones realizadas por instrumentos desde el aire y por telescopios en tierra. La expectativa continúa con un nuevo satélite, la misión LiteBird, de Japón, así como con una multitud de instrumentos terrestres, todo lo cual conocemos como la cuarta etapa en los estudios del fondo de radiación cósmica. Todo ese trabajo ha provisto la emoción y el rigor necesarios que ahora impulsan la creciente inversión y el interés que ha llevado a muchos científicos jóvenes y sobresalientes a participar en su estudio, así como en otros campos que han experimentado un progreso notable.

La cosmología, igual que el resto de las ciencias, se ha ido convirtiendo en una actividad más global. A lo largo del camino, he visto cómo la misión Planck logró atraer a cada vez más científicos europeos a la cosmología. Ahora se percibe un gran giro que incluye investigadores asiáticos, entre otros. Desde hace mucho tiempo, mi equipo de trabajo tiene relaciones duraderas y estables con colegas en México, y un poco menos en Brasil. Hemos visto crecer sustancialmente la calidad y la cantidad de la investigación y de los investigadores, por lo que espero ver pronto que América Latina se sume a esto, como ha sucedido con Asia, particularmente con China.

Son tiempos verdaderamente emocionantes para la cosmología, la ciencia que estudia el universo. La aventura continúa: ¡buen viaje!

GEORGE SMOOT
Hong Kong, marzo de 2018

Cuando en 1992 se anunció que el satélite COBE había descubierto arrugas en la estructura del espacio-tiempo, se produjo un notable interés público por el origen y la evolución del universo. Mucha gente me hizo preguntas en persona y también por teléfono y por correspondencia. Aunque me habría gustado contestarlas todas, el volumen era tan grande que no pude hacerlo. En esa época, Keay Davidson se puso en contacto conmigo y me propuso escribir un libro sobre el tema. Él y su agente, John Brockman, hablaron con los editores potenciales. Keay comenzó a reunir material. Yo amplí el enfoque de modo que el libro pudiera contestar muchas de esas preguntas y, al mismo tiempo, ofrecer el contexto que una breve conversación no podría dar.

Cuando empecé con el libro, me preocupé porque iba a ser un proceso difícil, ya que no tendría suficiente material interesante para usar. Tan pronto como comencé a escribirlo, descubrí exactamente lo contrario. Había demasiado material interesante, demasiadas historias, aventuras y episodios reveladores. También había muchos temas y conceptos interesantes para presentar. El libro pronto superó el medio millar de páginas y yo aún tenía muchas cosas que contar.

Mi coautor y mis editores me convencieron de que si el libro era más corto sería leído por más gente y no afectaría el sentido de la obra ni su contenido; un libro más largo tendría más información, pero era probable que fuera menos leído. Luego vino un tiempo de grandes cortes, reajustes y reescritura, que fue cuando Roger Lewin y Maria Guarnaschelli, con comentarios de Alan Sampson, Louis Audibert y otros editores, dieron forma al manuscrito convirtiéndolo en un verdadero libro. Seis vuelos en globo se condensaron en uno y medio, y no sólo fue mi paso de recién egresado a dirigente de equipo lo que se analizó en la presentación sino también los aportes de mis colegas y nuestro trabajo de desarrollo.

Debo reconocer que con eso se consiguió un libro mucho más legible y que el lector se hiciera una idea cabal de cómo es la experimentación usando globos. Lo mismo puede decirse del resto de la obra. (Un par de días antes de que escribiera este prefacio llevamos a cabo un nuevo experimento en globo: el *millimeter anisotropy experiment* [experimento de anisotropía milimétrica] o MAX, en Palestine, Texas. Después de un ate-

rrizaje digno de un libro de texto, recuperamos la carga útil, pero muchos de los factores descritos en el libro estaban de nuevo en juego.)

A través del esfuerzo y el estímulo de todos quienes han colaborado conmigo, el libro es relativamente corto y fácil de leer; da una idea bastante aproximada de la cosmología y de cómo se realizan las observaciones. Para conseguirlo, tuvimos que sacrificar algunos temas, tales como el del proceso de formación de los investigadores científicos —maestros y mentores que preparan a un estudiante, que luego practica en el posgrado y llega a ser, a su vez, maestro y mentor—. También se han eliminado los detalles penosos y los grandes esfuerzos realizados. Este informe necesariamente pasa por alto los esfuerzos de los miembros del equipo científico, por ejemplo los vuelos en globo y los veinte años en que cientos de personas trabajaron en el proyecto COBE, y por supuesto de todos los otros científicos que trabajaban en la misma área. La ciencia es, por naturaleza, una actividad cultural y social que en estos tiempos generalmente ocupa equipos de personas que intercambian ideas, resultados experimentales y conceptos. Nuestra esperanza es que esta simplificación excesiva haga que la cosmología resulte más interesante y accesible.

Finalmente, quisiera decirle al lector que este libro está pensado para que su lectura sea sencilla pero a la vez proporcione todos los conceptos e ideas esenciales para entender la cosmología moderna. Algunos de los conceptos de esta ciencia son nuevos y por ello el lector tendrá que modificar su forma de pensar. Si alguien tiene problemas con alguna sección, lea a través de ella; logrará captar la idea general y podrá avanzar hasta el próximo capítulo. El libro está concebido de modo que una segunda lectura permita ampliar el nivel de comprensión, después de lo cual el lector estará familiarizado con todos los grandes conceptos de la cosmología moderna. *Bon voyage*, pues, en este viaje a través de la excitante historia del origen y la evolución del universo y de cómo hemos llegado a tener nuestra moderna concepción de él.

GEORGE SMOOT
Berkeley, California
Junio de 1993

1. En el comienzo

*Yo era un tesoro escondido y deseaba ser conocido:
por lo que creé la creación para ser conocido*

MITO SUFÍ DE LA CREACIÓN

Existe algo en el cielo nocturno que hace que, al mirarlo, uno no pueda dejar de admirarse. Cuando era niño, tuve la fortuna de vivir en lugares donde por la noche el cielo se veía fácilmente. Recuerdo claramente estar viajando en el asiento trasero del auto cuando mi familia regresaba a casa después de visitar a nuestros primos. Por la ventana de atrás veía la Luna a través del paisaje. Parecía seguirnos por el camino que hacía mi perro cuando yo exploraba nuestro gran jardín y los campos y bosques que lo rodeaban. Cuando parecía que se había perdido detrás de un cerro o de un árbol, volvía a aparecer. Les pregunté a mis padres: “¿Estamos en algún lugar especial para que la Luna se mantenga sobre nosotros observándonos? ¿Es a nosotros o a la dirección en la que vamos? ¿Cómo puede hacer lo mismo en todo el mundo al mismo tiempo? ¿La Luna es como Santa Claus?” Mis padres me explicaron que la Luna es muy grande y está muy lejos, y que las montañas y los árboles que encontrábamos en el camino eran pequeños comparados con ella, como cuando uno pone los dedos delante de los ojos y, si mueve un poco la cabeza, puede ver enseguida de nuevo. Entonces me hablaron acerca de la Tierra y la Luna, y también de las fases de ésta y de las mareas. Esa noche mi mundo cambió. Nuestro jardín trasero, el bosque cercano, mi pueblo e incluso el viaje de dos horas a la casa de mis primos no eran sino una pequeña parte de un mundo mucho mayor. Más aún, había razón y orden, hermosamente explicados por conceptos claros que se entrelazaban. No sólo pude descubrir cosas nuevas, como los estanques y los renacuajos, sino que también pude descubrir qué había hecho que las cosas sucedieran, cómo habían sucedido y de qué manera armonizaban. Para mí fue como caminar en un museo oscuro y salir a la luz. Había tesoros increíbles para contemplar.

Ahora, cuatro décadas más tarde, sentado en mi laboratorio, me doy cuenta de que había sido capaz de pasar mucho tiempo en ese museo buscando tesoros. Algunos habían sido bosquejados por anteriores investi-

Esta edición de *Arrugas en el tiempo*, de George Smoot y Keay Davidson, se terminó de imprimir en Litográfica Ingramex, SA de CV, Centeno 162-1, Granjas Esmeralda, 09810, Ciudad de México, en noviembre de 2018, con un tiraje de 3 000 ejemplares. La composición tipográfica se llevó a cabo en el taller de Libros Grano de Sal, SA de CV, empleando la familia Marco PE, que es un diseño de Toshi Omagari.