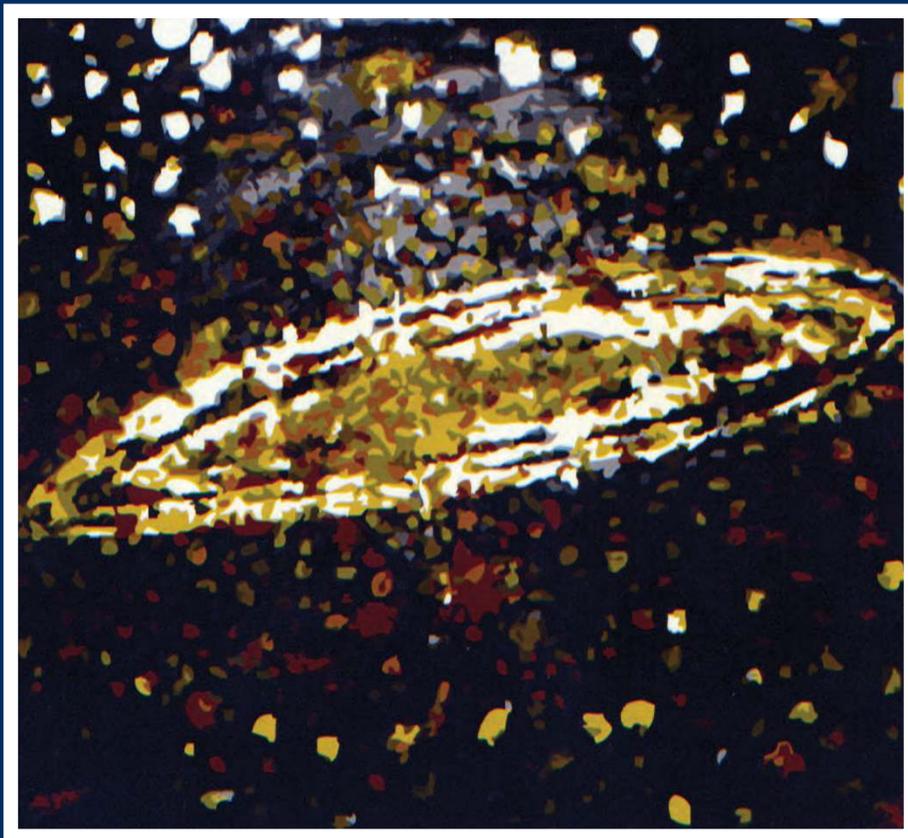


EL ORIGEN Y LA EVOLUCIÓN DEL UNIVERSO

FÍSICA, METAFÍSICA, CIENCIA FICCIÓN Y (A)TEOLOGÍA
EN LA COSMOLOGÍA ANTIGUA Y MODERNA



John Auping Birch

U N I V E R S I D A D I B E R O A M E R I C A N A

EL ORIGEN Y LA EVOLUCIÓN
DEL UNIVERSO

UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA
BIBLIOTECA FRANCISCO XAVIER CLAVIGERO

Auping Birch, John

Una revisión de las teorías sobre el Origen y la Evolución del Universo:
Física, metafísica, ciencia ficción y (a)teología en la cosmología antigua y moderna

1. Religión y ciencia. 2. Filosofía y ciencia. 3. Cosmología. I. Universidad Iberoamericana Ciudad de México. II. T.

BL 240.2 A96 2009

El diseño y cuidado de esta edición es responsabilidad exclusiva del autor

Diseño de cubierta: John Auping Birch y Joaquín Cabeza Álvarez

Ilustración de cubierta: Galaxia, de Andrea Aragón López

1a. edición, 2009

2a. edición, 2016

D.R. © John Andrew Auping Birch

D.R. © Universidad Iberoamericana, A.C.
Prol. Paseo de la Reforma 880
Col. Lomas de Santa Fe
01219 México, D.F.
publica@uia.mx

ISBN 978-607-417-070-2

Impreso y hecho en México
Printed and made in Mexico

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

EL ORIGEN Y LA EVOLUCIÓN DEL UNIVERSO

FÍSICA, METAFÍSICA, CIENCIA FICCIÓN Y (A)TEOLOGÍA
EN LA COSMOLOGÍA ANTIGUA Y MODERNA

por Dr. John Auping Birch

UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA

México 2009

CON TRES NIVELES DE LECTURA:

PRIMER NIVEL: La historia de la cosmología sin matemáticas

SEGUNDO NIVEL: Incluye los cuadros con matemáticas simples

TERCER NIVEL: Los apéndices con las matemáticas complicadas

ÍNDICE	7
PREFACIO DR. JOSÉ MORALES OROZCO, RECTOR UIA	11
PREFACIO DR. LEONID GUEORGUIEV, UNAM	13
INTRODUCCIÓN	15
PARTE I	
HISTORIA DE LA COSMOLOGÍA ANTIGUA Y MODERNA	19
CAPÍTULO 1	
DE LOS PRESOCRÁTICOS A KEPLER	21
Sección 1. La ciencia empírica incipiente de los presocráticos	21
Sección 2. El modelo geocéntrico de Aristóteles y Ptolomeo	23
Sección 3. Copérnico entre la metafísica aristotélica y el modelo heliocéntrico	25
Sección 4. La ciencia empírica y el platonismo esotérico de Kepler	30
CAPÍTULO 2	
LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA DE GALILEO Y NEWTON	41
Sección 5. Cómo Galileo provocó la condena del modelo heliocéntrico	41
Sección 6. Cómo Newton revolucionó la física y astrofísica	48
Sección 7. Antecedentes e implicaciones de la ley de gravitación universal	64
CAPÍTULO 3	
LA ELECTRODINÁMICA CLÁSICA Y CUÁNTICA	75
Sección 8. Las ondas electromagnéticas de Maxwell	75
Sección 9. Cuántos de luz y su absorción y emisión por los átomos	86
Sección 10. La interacción de electrones y fotones según Bohr y Feynman	99
Sección 10.1. El modelo del átomo de Bohr	99
Sección 10.2. Funciones de probabilidad en forma de onda asociadas a partículas	107
Sección 10.3. La reflexión de la luz por una lámina de vidrio	111
Sección 11. Electrones y fotones en el experimento de las dos rendijas	120
Sección 11.1. El cambio de fase de la amplitud	120
Sección 11.2. El experimento de las dos rendijas	124
Sección 11.3. Conclusión	128
CAPÍTULO 4	
LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD DE EINSTEIN	133
Sección 12. La teoría especial y la teoría general de la relatividad	133
Sección 12.1. Cuatro mitos sobre Einstein	133
Sección 12.2. La teoría especial de la relatividad	142
Sección 12.3. La teoría general de la relatividad	156
Sección 12.4. La corroboración de la teoría general de la relatividad	166
Sección 13. La teoría del Universo dinámico y su geometría	172
Sección 13.1. Los modelos estático y dinámico del Universo	172
Sección 13.2. La teoría general aplicada a la expansión del Universo	174
Sección 13.3. Los hechos deciden entre dos teorías sobre el tamaño del Universo	178
Sección 13.4. Los hechos deciden entre las teorías del Universo estático o dinámico	183
Sección 13.5. Breve historia de la expansión del Universo a partir del Big Bang	188
Sección 13.6. Historia de la estimación de omega y de la geometría del espacio	199

Sección 14. La relatividad general refuta la especulación sobre la materia oscura	206
Sección 14.1. Origen de la especulación sobre la materia oscura no-bariónica	207
Sección 14.2. Una dinámica relativista de galaxias sin materia oscura no-bariónica	217
Sección 14.3. Una dinámica relativista de cúmulos de galaxias sin materia oscura	227
Sección 14.4. El mal uso de la termodinámica en la teoría de la nucleosíntesis del <i>Big Bang</i>	238
Sección 15. Una revisión de la especulación sobre la energía oscura	241
Sección 15.1. Una presentación de la constante cosmológica Λ	241
Sección 15.2. La energía oscura y la aceleración de la expansión del Universo	244
Sección 15.3. La energía oscura y la dinámica gravitacional de cúmulos de galaxias	251
Sección 15.4. La energía oscura y la radiación cósmica de fondo	256
Sección 15.5. Explicaciones teóricas de la energía oscura	260
Sección 16. La relatividad general refuta la especulación sobre la energía oscura	265
Sección 16.1. La <i>backreaction</i> que resulta de promediar regiones in-homogéneas	267
Sección 16.2. Diferencias en el correr del tiempo en regiones densas y vacías	276
Sección 16.3. El nuevo paradigma relativista de Buchert-Wiltshire	276
Sección 16.4. La transformación del tensor de Einstein según el Principio de Mach	295
 CAPÍTULO 5	
TEORÍAS DEL <i>STEADY STATE</i> , <i>BIG BANG</i> Y MULTIVERSO	297
Sección 17. Fusión y producción de elementos en las estrellas	
Sección 17.1. Cómo la fuerza gravitacional logra superar a la fuerza electromagnética	297
Sección 17.2. Producción de helio a partir de hidrógeno en el corazón de las estrellas	301
Sección 17.3. Producción de carbono y oxígeno a partir de helio en las estrellas	304
Sección 17.4. El ciclo de vida de estrellas de diferentes masas	306
Sección 18. Los hechos deciden entre las teorías del <i>Big Bang</i> y <i>Steady State</i>	313
Sección 18.1. El modelo <i>Steady State</i> de Hoyle, Gold y Bondi	313
Sección 18.2. El descubrimiento de la radiación cósmica de micro-ondas de fondo	316
Sección 18.3. El problema de la homogeneidad y del <i>flatness</i> del Universo	321
Sección 18.4. La expansión geométrica acelerada del Universo explica su homogeneidad	328
Sección 18.5. Las pequeñas perturbaciones de la radiación cósmica de fondo	329
Sección 19. Leyes y constantes finamente ajustadas en el origen del Universo	331
Sección 19.1. La constante Ω y la formación de estrellas y galaxias en el Universo	332
Sección 19.2. La producción y preservación de protones en el <i>Big Bang</i>	335
Sección 19.3. El inicio de fusión nuclear en las estrellas	339
Sección 19.4. La fusión de helio, carbono, oxígeno y otros elementos en las estrellas	341
Sección 19.5. La existencia de planetas y de órbitas planetarias casi-circulares y estables	346

Sección 19.6. La existencia de átomos estables y moléculas complejas	349
Sección 19.7. Síntesis: calculando el <i>finetuning</i> del Universo	352
Sección 20. Las teorías modernas del multiverso	357
Sección 20.1 La teoría de Hoyle de los campos creacionales en el Universo observable	358
Sección 20.2. La teoría del <i>Big Crunch</i> de Wheeler	358
Sección 20.3. La teoría de la variación de las constantes de Barrow	359
Sección 20.4. La teoría del multiverso en agujeros negros de Smolin	363
Sección 20.5. La teoría-ficción de la <i>eterna inflación</i> de Guth-Linde	364
Sección 20.6. La teoría-ficción del multiverso de Susskind y Kaku	370
Sección 20.7. Conclusión sobre las teorías del multiverso	397
PARTE II	
METAFÍSICA, CIENCIA FICCIÓN Y (A)TEOLOGÍA EN LA COSMOLOGÍA MODERNA	399
CAPÍTULO 6	
EVALUANDO LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA DE POPPER	401
Sección 21. Las fronteras entre ciencia, metafísica y ciencia ficción	401
Sección 21.1. La frontera entre ciencia y no-ciencia	401
Sección 21.2. La frontera entre ciencia y metafísica	405
Sección 21.3. La frontera entre ciencia y ciencia ficción	412
Sección 21.4. Las especulaciones en la frontera entre ciencia y ciencia ficción	415
Sección 21.5. La fascinación con los milagros matemáticos	417
Sección 22. La causalidad en la ciencia: ¿es determinista o indeterminista?	419
Sección 22.1. Causalidad determinista o indeterminista	419
Sección 22.2. Cinco argumentos contra el determinismo científico	424
Sección 22.3. Argumentos contra el determinismo metafísico	439
Sección 23. La gran confusión cuántica	445
Sección 24. La gran confusión entrópica	454
Sección 24.1. Breve historia de la primera y segunda ley de la termodinámica	454
Sección 24.2. La entropía del Universo	462
CAPÍTULO 7	
LOS PROBLEMAS DEL ORIGEN Y <i>FINETUNING</i> DEL UNIVERSO	467
Sección 25. Análisis metafísico-lógico del origen y del fine-tuning del Universo	467
Sección 25.1. Un análisis metafísico-lógico del origen del Universo	467
Sección 25.2. Un análisis metafísico-lógico del fine-tuning del Universo	476
Sección 25.3. El carácter axiomático de las leyes físicas del Universo	483
Sección 25.4. Evaluación metafísica de las teorías del multiverso	486
Sección 26. (A)teología en la explicación del origen y <i>fine-tuning</i> del Universo	489
Sección 26.1. Explicaciones ateológicas y teológicas del problema del origen del Universo	489
Sección 26.2. Explicaciones ateológicas del problema del <i>fine-tuning</i>	493
Sección 26.3. Explicaciones teológicas del problema del <i>fine-tuning</i>	499
Sección 27. La evolución de la vida y de la mente auto-consciente	509
Sección 27.1. Condiciones iniciales necesarias para la emergencia de vida compleja	509
Sección 27.2. La evolución de la vida y el azar	511
Sección 27.3. Creacionismo anti-evolucionista y evolucionismo ateo	521
Sección 27.4. La evolución de la mente auto-consciente y su interacción con el cerebro	524

PARTE III

APÉNDICES FÍSICO-MATEMÁTICOS	529
Apéndice I. La geometría analítica de la elipse	531
Apéndice II. Las leyes de Kepler y Newton en un solo sistema axiomático	535
Apéndice III. Las órbitas planetarias estables según Ehrenfest	559
Apéndice IV. Las ecuaciones de Maxwell en un solo sistema axiomático	567
Apéndice V. La relatividad especial de Einstein	603
Apéndice VI. La teoría general de la relatividad	631
Apéndice VI A. La construcción del tensor métrico y su transformación	631
Apéndice VI B. La construcción de la geodésica y el tensor de Einstein	639
Apéndice VI C. La rotación del perihelio de Mercurio a la luz de la teoría general	697
Apéndice VII. El modelo estándar	721
Apéndice VIII. Algunas ecuaciones astrofísicas	729
Apéndice IX. Algunas unidades y constantes de la física	741
Apéndice X. Tabla periódica de los elementos	747
Apéndice XI. Las funciones de onda y de probabilidad de Schrödinger	749
Apéndice XII. La entropía y la evolución del Universo	757
Apéndice XIII. La teoría del caos: un ejemplo	769
Apéndice XIV. Comments on “Thermodynamics in the Expanding Universe”	771
BIBLIOGRAFÍA	773
CRÉDITOS DE ILUSTRACIONES Y GRÁFICAS	794
ÍNDICE DE AUTORES	797
ÍNDICE DE CUADROS MATEMÁTICOS Y LÓGICOS	803
ÍNDICE TEMÁTICO-ANALÍTICO	808

Prefacio del Dr. José Morales Orozco, S.J.

“No es mi campo de especialidad” le dije al Dr. Juan Auping Birch, S. J. cuando me preguntó si podía escribir unas páginas como prefacio a su libro *Una revisión de las teorías sobre el origen y la evolución del Universo. Física, metafísica, ciencia ficción y (a)teología en la cosmología antigua y moderna*. Él acabó por convencerme argumentando que se trata de un libro para interesados en el diálogo Fe-Ciencia y Fe-Cultura y pidiéndome que únicamente le hiciera algunas observaciones en relación a los aspectos relativos a la metafísica y la crítica a la ateología y teología en la cosmología moderna, contenidos en la segunda parte de su libro. Cuando comencé a leer esta parte del libro, confieso que me interesó mucho, pues me hizo recordar mis tiempos como profesor de Filosofía de la Ciencia, en los años 70’s en la Universidad Iberoamericana y un tema que siempre me ha interesado: el valor cognoscitivo de las diversas ciencias y el problema epistemológico de la relación entre conocimiento y realidad.

El Dr. Auping muestra en su libro un amplio conocimiento de la historia de la Cosmología desde sus orígenes hasta el tiempo actual. Pero lo que más me interesó fue la amplitud y claridad con las que expone la relación entre el “sujeto” (la mente auto-consciente: conocimientos, pensamientos, afectividad, libertad y experiencia religiosa), “realidad” (fenómenos del mundo físico y estructura ordenada, oculta y constante del mundo físico que determina las relaciones causales) y “teoría” (lógico-matemática, científica, metafísica, ciencia-ficción y teorías éticas y (a)teológicas. La forma de abordar esta relación muestra la complejidad de la realidad, del ser que nunca es totalmente conocida y debe ser abordada por diversos tipos de conocimiento: el sentido común y las diversas Ciencias (naturales, humanas, sociales, interpretativas) y por la Filosofía y la Teología.

La clave de lectura del problema de la validez del conocimiento como ciencia es abordada desde la filosofía de la ciencia de Karl Popper, que el Dr. Auping domina ampliamente. Para Popper una teoría universal es científica si es falsificable, es decir, cuando un enunciado básico que la refute es corroborado en una región espacio-temporal concreta, la relación causal postulada por la teoría universal, no existe. Si un enunciado no es falsificable, no es científico para Popper. Desde esta perspectiva el Dr. Auping va estableciendo los límites y la diferencia entre ciencia y ciencia ficción, entre ciencia y metafísica, entre ciencia y especulación y entre metafísica y teología. El principio metafísico de causalidad (todo efecto supone una causa proporcionada) es la base de la investigación científica, y como tal dicho principio es “indemostrable”. El autor del libro aborda de una forma clara, sencilla y exhaustiva el problema de la causalidad científica y concluye probatoriamente que la causalidad científica es indeterminista, lo que implica que los enunciados científicos no son apodícticos sino probables y que en la estructura de las relaciones causales de los fenómenos se da un grado de indeterminación o azar.

Pero, el tema que más me interesó fue el del origen del Universo, tratado en el capítulo 7. Después de un análisis lógico-metafísico, el Dr. Auping concluye que el Universo es objeto de la ciencia, pero “la causa u origen del Universo no es objeto de la investigación científica, sino que presenta un problema metafísico,” ya que el Universo es causado por una causa externa que es causa de sí misma y es inteligente. De esta forma la metafísica que estudia las relaciones entre

los tres mundos del “sujeto”, “teorías” y “fenómenos empíricos” remite a un “cuarto mundo” para explicar el origen del Universo, a saber, el mundo de la “causa inteligente” del Universo.

Termino este breve prefacio citando un párrafo que me parece la conclusión más importante de los análisis que hace el Dr. Auping sobre el origen del Universo, en la Sección 26 de su libro: *“el discurso teológico sobre un Dios creador está construido sobre la base de un enunciado metafísico sólido, a saber, que el Universo tiene una causa inteligente que no pertenece al Universo y es causa de sí misma. Esto no quita que la identificación de esta causa inteligente del Universo con el Dios personal de las religiones monoteístas se deriva de un acto de fe que rebasa la metafísica, así como una casa rebasa el fundamento sobre el cual fue construida. A fin de cuentas, descartando las teorías científicas refutadas y tomando en serio la metafísica, nos quedamos con dos opciones, a saber, un discurso de ciencia ficción sin base metafísica o un discurso teológico con base metafísica. Dejo al lector la decisión sobre cuál de estas dos opciones le parece racional y cual irracional.”*

Felicito al Dr. Auping por este libro que sin duda contribuirá mucho al diálogo entre fe y ciencia e impulsará la investigación interdisciplinaria de la realidad y a la discusión sobre la relación entre los diversos modos de conocimiento y las distintas disciplinas científicas.

JOSÉ MORALES OROZCO, S. J.
Rector de la Universidad Iberoamericana

Prefacio del Dr. Leonid Gueorguiev

En el libro *Una revisión de las teorías sobre el origen y la evolución del Universo. Física, metafísica, ciencia ficción y (a)teología en la cosmología antigua y moderna*, las secciones que discuten la materia y la energía oscura, unos de los conceptos modernos en la astronomía contemporánea, son de particular interés para astrofísicos.

La sección 14 introduce el lector en los conceptos de la materia y energía oscura. Se discuten las observaciones cuya interpretación requiere la introducción de la materia oscura. Después de introducir la interpretación “estándar”, el autor introduce teorías alternativas que explican las mismas observaciones. Se hace un análisis tanto de la teoría basada en la existencia de la materia oscura como de las teorías alternas basadas en la teoría de la relatividad general. El autor muestra correctamente que las teorías alternas no deben ser descartadas y que en la mayoría de los casos explican las observaciones de manera más sencilla que la teoría basada en la materia oscura. La sección concluye con la demostración del uso erróneo de la ecuación de Boltzmann para calcular los productos de la nucleosíntesis en el Universo temprano y a partir de esto se pone en duda la estimación del cociente de la masa bariónica y la no-bariónica.

La sección 15 esá dedicada a la energía oscura. Se presenta al lector una breve introducción en los razonamientos que llevan a la idea de la presencia de la energía oscura y el modelo Λ CDM. Se describen las observaciones que son interpretadas desde el modelo Λ CDM:

- 1) La primera evidencia observacional es la aceleración de la expansión del Universo sugerida por la comparación entre las distancias medidas con Supernovas y su corrimiento al rojo. Se presentan argumentos mostrando que la interpretación de estos datos no es trivial y no necesariamente comprueba la aceleración.
- 2) La segunda evidencia es la formación de estructuras representada en la función de masa de cúmulos de galaxias con diferentes corrimientos al rojo. Se presentan observaciones recientes y se muestra que los autores interpretan sus datos con modelos que parten de la teoría Λ CDM. Se trata de interpretaciones dependientes de modelo. De tal forma se han obtenido parámetros importantes de esta teoría, pero éstos no se pueden utilizar para corroborar o refutar la misma.
- 3) Por ultimo se presentan las observaciones de la variación espacial de la radiación del fondo. Se da la interpretación de estas observaciones dependiente del modelo Λ CDM y se subraya que la capacidad de un modelo de acomodar datos observacionales no permite usar esta compatibilidad como evidencia de que el modelo es más realista que otros modelos.

La sección 15 termina con una recopilación de opiniones de varios autores que discuten que tan real es la energía oscura y la conclusión es que, en realidad, se trata de un nombre que se ha dado a algo desconocido que explica algunos datos observacionales, pero crea otra larga lista de problemas en la física en general, los cuales no tienen una solución fácil. De tal forma, lo más sencillo sería descartar la energía oscura y tratar de explicar las observaciones de otra forma.

A esta teoría alterna está dedicada la sección 16. La idea es que, al abandonar el supuesto de que el Universo sea homogéneo, sus parámetros no se pueden obtener de los datos observacionales obtenidos en diferentes regiones del espacio con un simple promedio. Además, dado que el Universo está compuesto por grandes volúmenes “vacíos” separados por “paredes” de alta densidad, el tiempo corre con diferente velocidad en las regiones vacías y en las paredes y hace el análisis de las observaciones muy diferente del análisis basado en la simple física newtoniana. Se presentan ejemplos de interpretación de los datos tomando en cuenta los efectos relativistas. Se concluye que la interpretación de estas observaciones, basada en estas teorías relativistas es igual de buena que la basada en el modelo Λ CDM y, dado que no requieren sustancias esotéricas como la materia oscura y la energía oscura, debe de estar más cerca de la realidad.

En pocas palabras, el Dr. Auping presenta al lector una teoría establecida (la que requiere la presencia de materia y energía oscuras) y resalta que, aunque es ampliamente aceptada, la teoría sigue siendo una hipótesis de trabajo y no un hecho establecido. Se propone una teoría alternativa y dado que esta última está basada sólo en física bien establecida, la conclusión lógica es que debe ser mejor.

El texto de estas secciones está dividido en dos categorías. Las ideas básicas se presentan en un texto continuo que se lee fácil y no contiene conceptos ni fórmulas complicadas. Además de este texto, el autor agrega por separado desarrollos matemáticos de los conceptos claves. De tal forma un lector con más conocimientos o curiosidad puede seguir los cálculos y entrar en los detalles matemáticos de estas ideas. De esta manera, el libro tendrá un público más amplio. Creo que el texto de estas secciones está elaborado con base en una amplia literatura contemporánea y extraída de libros y revistas profesionales del más alto nivel en el área. En consecuencia, el texto tiene un nivel adecuado tanto para el público en general como para profesionistas.

DR. LEONID GUEORGUIEV
Investigador Titular B
Instituto de Astronomía
UNAM

Introducción

En diciembre de 2004 me reuní con la Dra. Anabel Arrieta Ostos, el Dr. Leopoldo García-Colín Scherer y el Dr. Alfredo Sandoval Villalazo en la sala de juntas del Departamento de Física y Matemáticas de la Universidad Iberoamericana de México. Les expuse mis dudas con respecto a algunos conceptos de la cosmología moderna, a saber, la energía oscura y la materia oscura, no-bariónica. Me dieron a entender que, efectivamente se trata de especulaciones sin fundamento en observaciones físicas, pero que no pocos astrofísicos los consideran indispensables, para que en el modelo cosmológico estándar o concordante, conocido como el modelo Λ CDM, las cuentas coincidan. Esta conversación me reafirmó en mi propósito de llevar a cabo mi proyecto de investigación, con el fin de buscar un modelo alternativo, más apegado a la física ortodoxa, y, además, analizar los enunciados sobre el origen y la evolución del Universo, hechos a lo largo de la historia de la cosmología antigua y moderna, desde el punto de vista de la filosofía de la ciencia, para ver cuáles son enunciados científicos refutados, cuáles enunciados científicos corroborados, cuáles metafísicos, cuáles (a)teológicos, cuáles especulaciones en la frontera de ciencia y ciencia ficción y cuáles ciencia ficción no aceptable en la ciencia.

En la primera parte del libro, se analizan las principales aportaciones a la astrofísica de los pre-socráticos, Copérnico y Kepler (Capítulo 1); de Galileo y Newton (Capítulo 2); de Faraday y Maxwell y otros estudiosos del electromagnetismo, y Bohr y Feynman y otros estudiosos de la física cuántica (Capítulo 3); de Einstein (Capítulo 4); y de los descubridores del *Big Bang* y del *fine-tuning* (Capítulo 5), eliminando en la marcha algunos mitos históricos que han llegado a ser aceptados en algunos círculos, sobre Copérnico, Galileo, Newton y Einstein.

Presto mucha atención a Newton y Einstein, no solamente por la obvia importancia que tienen en la cosmología moderna, sino porque la diferencia entre la gravitación newtoniana y la relativista hace la diferencia entre el modelo Λ CDM y el incipiente modelo relativista que compite con éste para explicar la dinámica de galaxias, cúmulos de galaxias y de la expansión del Universo entero. Desde que Zwicky y Rubin empezaron a analizar la dinámica de galaxias y cúmulos de galaxias, muchos astrofísicos, siguiendo su ejemplo, afinaron los parámetros del modelo concordante Λ CDM e introdujeron el concepto especulativo antes mencionado de la materia oscura no-bariónica, que resulta indispensable para que las cuentas chequen en el contexto de la gravitación newtoniana. Asimismo, desde que Perlmutter, Riess y Kirshner descubrieron la aparente aceleración de la expansión del Universo, se introdujo el concepto de la energía oscura, igualmente indispensable en el contexto de la gravitación newtoniana.

No es sino hasta entrando al siglo XXI, que algunos astrofísicos valientes e independientes empezaron a explorar las implicaciones de la relatividad general, para resolver los problemas de la dinámica de galaxias, de cúmulos de galaxias y de estructuras todavía más grandes, a saber, los filamentos de cúmulos y vacíos que afectan de manera diferencial el correr de los relojes en sus respectivos campos gravitacionales. Se trata de Brownstein, Buchert, Cooperstock, Kolb, Manfield, Matarrese, Moffat, Paranjape, Riotto, Sussman, Wiltshire, Zalaletdinov y Paranjape, entre otros. Estos autores han demostrado, a mi parecer de manera convincente, que si tomamos en serio la relatividad general, se pueden resolver estos problemas, sin necesidad alguna de los conceptos especulativos de la materia y energía oscuras.

¿Cómo es que tantos astrofísicos piensan que los parámetros newtonianos, y no los relativistas, son los adecuados para el estudio de la dinámica gravitacional de galaxias y cúmulos de galaxias, aunque todos reconocen el genio de Einstein? Se trata de una circunstancia aparentemente intrascendente, a saber, la opinión generalizada de que en campos gravitacionales relativamente débiles con velocidades no relativistas basta Newton y sale sobrando Einstein. Si bien es cierto que la teoría newtoniana es una buena aproximación cuando toda la masa de un sistema está concentrada en su centro de masa, como en un sistema solar, ésta deja de ser válida cuando se trata de una nube de objetos, en donde cada objeto con masa contribuye al campo. Al descartar la teoría general a favor de la teoría gravitacional newtoniana, algunos autores no prestaron atención suficiente al hecho de que las estrellas que componen las galaxias, y las galaxias que componen los cúmulos, se mueven exclusivamente por la gravedad, sin fricción. Se sabe desde el tiempo de Eddington que problemas de un sistema ‘atado gravitacionalmente’ (en inglés: *gravitationally bound*) son intrínsecamente no-lineales aún cuando las condiciones son tales que el campo es débil y la velocidad de los movimientos, no-relativista. Para este tipo de problemas, aún en estas condiciones, se requiere la teoría relativista.

Al desaprovechar la relatividad general, tampoco se prestó atención suficiente al hecho, conocido desde la publicación de teoría de la relatividad general por Einstein, que diferentes campos gravitacionales generan diferencias en el correr de los relojes que se mueven con estos campos (en inglés: *co-moving*), por ejemplo los relojes en los filamentos de cúmulos y en los vacíos del Universo, y que éstos, a su vez, marcan un tiempo diferente del reloj del observador terrestre, lo que genera un nuevo problema matemático, resuelto sólo recientemente, a saber, el de promediar diferentes ecuaciones tensoriales no-lineales, para calcular la magnitud de la *backreaction*. Lo increíble es que la astrofísica tardó unos 90 años, de 1917 a 2007, en aplicar la relatividad general a los problemas antes mencionados, dando preferencia a los conceptos especulativos de energía y materia oscuras, en una dinámica gravitacional newtoniana. Al respecto comenta Wiltshire: “*Como físicos teóricos, estamos demasiado inclinados para añadir todo tipo de factores a la acción gravitacional, aún cuando violan principios físicos básicos, en lugar de pensar profundamente sobre los problemas operacionales básicos del objeto de nuestro estudio. En mi punto de vista, Einstein tuvo razón en la Relatividad General*”.² Lo que Brownstein, Buchert, Cooperstock, Moffat, Sussman, Tieu, y Wiltshire han propuesto se deriva lógicamente de la relatividad general.

El modelo concordante Λ CDM es un modelo consistente y bien afinado, en cambio, el nuevo modelo relativista está en vías de construcción, ni se han integrado bien en una sola teoría las diferentes aportaciones de los autores que acabo de mencionar. Sin embargo, hay indicios convincentes de que el primer modelo es erróneo y el segundo, verdadero. Se trata de una verdadera revolución científica, del tipo señalado por Kuhn, en *The Structure of Scientific Revolutions*, razón por la cual me he detenido, en el Capítulo 4, para analizar ambos modelos y señalar las implicaciones de la relatividad general para los problemas antes mencionados, caminando por los caminos que estos autores abrieron. Muchos cosmólogos no se dan por enterados cuando se trata de estas aportaciones relativistas. Todavía en 2009 se publicaron libros de texto sobre cosmología sin una sola referencia a estos autores. Kuhn ya señaló que, históricamente, la comunidad científica se resiste a la asimilación de

² David Wiltshire, “Cosmic clocks, cosmic variance and cosmic averages”, en *New Journal of Physics* (2007): 62

nuevos parámetros, porque muchos invirtieron una carrera entera en un modelo que está a punto de ser desplazado.

El problema de la competencia entre dos modelos cosmológicos no es el único al cual se presta atención en este libro. En el capítulo 5 analizo otro problema importante, a saber, el del *fine-tuning*. Después del *Big Bang*, el segundo descubrimiento más importante de la cosmología del siglo xx es, a mi parecer, el del *finetuning*, es decir, el aparente ajuste fino de las leyes físicas y sus constantes y de las mismas condiciones iniciales del *Big Bang*, de tal manera que ha permitido que emergieran en la evolución del Universo estrellas de larga duración, con fusión nuclear capaz de producir elementos pesados, como carbono y oxígeno, y con sistemas solares como el nuestro que permiten la evolución de vida compleja. En el mismo capítulo evalúo seis propuestas diferentes sobre el así llamado multiverso, que pretenden explicar este *finetuning* y demuestro que cuatro de estas teorías del multiverso son científicas y han sido refutadas por los hechos, y dos son ciencia ficción, porque no pueden ser contrastadas con la realidad. Así, parece que la explicación del *finetuning* elude explicaciones científicas. Esta afirmación nos introduce en la metafísica.

La segunda parte del libro es metafísica. Dado que, en la primera parte del libro, los enunciados y teorías sobre el origen y la evolución del Universo son analizados, desde el punto de vista de la filosofía de la ciencia de Popper, resulta necesario analizar en la segunda parte esta filosofía como tal. La filosofía de la ciencia de Popper señala muy bien la frontera (o como él dice ‘demarcación’) entre teorías científicas y no-científicas, y también entre teorías científicas corroboradas y refutadas. Pero, en el conjunto de enunciados no-científicos existen grandes diferencias entre especulación, ciencia ficción, metafísica y (a)teología. Dado que Popper aporta muy poco para distinguir estos diferentes tipos de enunciados no-científicos, complemento, en el Capítulo 6, su filosofía, para que sirva para mi análisis de la historia de la cosmología. En el mismo capítulo ofrezco argumentos de que la causalidad en el Universo es indeterminista, es decir, el azar juega un papel importante. A la vez demuestro que estos procesos causales azarosos pueden producir resultados con una probabilidad cercana a uno. Esta afirmación tiene implicaciones importantes, tanto para la evolución del Universo, como de la vida compleja en la Tierra.

En la segunda parte analizo también los problemas del origen o causa del Universo y del *fine-tuning*, desde el punto de vista metafísico. Con *la fuerza de la lógica pura* se ofrece en el capítulo 7 una corroboración de cinco enunciados metafísicos importantes, a saber, en primer lugar, que el Universo es el conjunto de eventos y objetos que no son causa de sí mismos y que el mismo Universo pertenece a este conjunto; en segundo lugar, que el Universo no es causado por sí mismo, sino por una causa externa que no pertenece al Universo; en tercer lugar, que la causa del Universo es causa de sí misma; en cuarto lugar, que el Universo y todo lo que contiene es objeto de la investigación científica, pero la causa u origen del Universo no es objeto de la investigación científica, sino que representa un problema metafísico; y en quinto lugar, que la causa del Universo es inteligente. En el mismo capítulo 7, reviso diferentes enunciados ateológicos y teológicos de unos veinte cosmólogos, relacionados con estos problemas del origen y del *fine-tuning* del Universo. Reviso también algunas teorías científicas relacionadas con la evolución de la vida compleja y la consciencia de sí mismo en la Tierra, el último peldaño de la evolución del Universo, analizando, entre otras cosas, el papel que juega el azar en la evolución biológica, de tal manera que

ciertos resultados adquieran una probabilidad cercana a uno y señalando el error lógico que tienen en común, *bien étonnés de se trouver ensemble*, el creacionismo anti-evolucionista y el evolucionismo ateo.

Este libro tiene tres niveles de lectura:

- 1) En un primer nivel, donde se narra la historia de la cosmología, el nivel es de lectura verbal. Todas las personas cultas e interesadas lo pueden comprender.
- 2) En un segundo nivel, el lector puede complementar esta lectura, apoyándose en matemáticas simples, que se encuentran insertadas en el texto en cuadros de color amarillo claro.
- 3) En un tercer nivel, se muestran en los apéndices de la tercera parte de este libro los desarrollos matemáticos formales que sustentan algunos enunciados analizados y solamente son recomendables para estudiantes de áreas afines y profesionistas de astrofísica.

El lector que no se interesa en cuestiones físico-matemáticas puede prescindir de los cuadros con un fondo de amarillo claro y de los apéndices. Esto no afectará la coherencia del discurso ni su comprensión.

Quiero **agradecer** a todas las personas que me ayudaron a escribir este libro, sobre todo las siguientes personas del departamento de Física y Matemática de la Universidad Iberoamericana en México: Dra. Anabel *Arrieta Ostos*, astrofísica; Dr. Arturo *Fregoso Infante*, química inorgánica; Dr. Leopoldo *García-Colín Scherer*, termodinámica y física general; Dra. Ana Laura *García Perciante*, física general; Dr. Antonio *Miranda García*, sistemas de control; Mtro. Humberto *Mondragón Suárez*, matemáticas; Dr. Alfredo *Sandoval Villalazo*, física general y matemáticas; Mtro. Erich *Starke Fabres*, termodinámica y entropía. Y también las siguientes personas del Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México: Dr. Leoníd *Gueorguiev*; Dr. Manuel *Lozano*, R.I.P.; Dr. Sergio *Mendoza*; y el Dr. Antonio *Peimbert*.

Los errores que se encuentren en las partes del libro, donde conté con la asesoría de estas personas, corren por mi cuenta. Si el lector piensa que ha descubierto un error, le agradezco que me lo comunique.

DR. JOHN AUPING BIRCH
 Universidad Iberoamericana
jauping@iwm.com.mx

Ciudad de México, diciembre de 2009