

CIENCIA

Ciencia: Perspectivas de la Torá

Preparado por Ner Le'Elef

CIENCIA

Ciencia: Perspectivas de la Torá

Preparado por Ner Le'Elef

Fecha de Publicación 20 Enero 2008

Se concede permiso para la reproducción total o parcial
No se deberán obtener ganancias de dicha reproducción
Este libro se actualiza con cada edición y se realiza varias veces al años.

Otros libros de Ner Le'Elef disponibles actualmente:

**SOCIEDAD ESTADOUNIDENSE
LIBRO DE CITAS
EL PUEBLO ELEGIDO
EVOLUCIÓN
HOLOCAUSTO
LIDERAZGO Y MANAGEMENT
LA LEY ORAL
PRUEBAS
PREGUNTAS Y RESPUESTAS
SUFRIMIENTO
ESTE MUNDO Y EL PRÓXIMO
ASUNTOS DE MUJERES (Libro Uno
ASUNTOS DE MUJERES (Libro Dos)**

Para recibir información sobre cómo solicitar otros libros por favor póngase en contacto con:

Ner Le'Elef
P.O. Box 14503 Jewish Quarter, Old City, Jerusalem 91145
E-mail: nerlelef@barak-online.net
Fax: 972-02-652-6339
Tel: 972-02-651-0825

CIENCIA: PERSPECTIVAS DE LA תורה

ÍNDICE

	<u>Página</u>
<u>ESQUEMA SUGERIDO PARA LA CIENCIA Y LA CREENCIA</u>	8
<u>ESQUEMA SUGERIDO PARA LA CIENCIA Y EL JUDAÍSMO: ¿CONFLICTO O COMPATIBILIDAD?</u>	9
<u>PERSPECTIVA GENERAL</u>	10
<u>CAPÍTULO A: DESCUBRIR A השם A TRAVÉS DEL MUNDO FÍSICO</u>	13
i-Obligación de ver la השגחה de השם en el mundo físico	14
ii-El mundo físico es un mundo de הכרה, es decir la השגחה vista a través del orden	14
iii-Por lo tanto, el estudio del mundo físico puede ser el punto de partida hacia el descubrimiento de la verdad	15
iv-La razón por la que usamos la תורה y no el mundo físico reside en que este último es un método en el que no se puede confiar	16
<u>CAPÍTULO B: LA CIENCIA DEBE ESTAR SUBORDINADA A LA תורה</u>	18
i-El judaísmo está a favor del progreso técnico	19
a-El judaísmo nunca se sintió en conflicto con la ciencia	19
b-La הלכה se relaciona con la ciencia contemporánea por ser normativa:	20
ii-A través de la תורה llegamos al mundo físico	21
<u>CAPÍTULO C: CONFLICTOS Y COMPATIBILIDAD</u>	23
i- Compatibilidad Actual	24
a - Big Bang	24
b - La materia es energía / campos	25
c - Probabilidad	26
d - Universo Centrado por el observador	27
e - Teoría interrumpida de la Evolución	28
f - Microbiología	28
g - Arqueología	28
h – Supersimetría	28
i - Teoría de la Relatividad	29
j - Reconocimiento de Limitaciones	30
k - Principio antrópico	30
l - Científicos religiosos	32
ii-Vivir la contradicción	32
iii - La ciencia alberga contradicciones	32
a - Teorías Contradictorias	33
b -Teorías que compiten	33
1 - Los rollos del mar muerto	33
2 - Materia oscura	33
3 – Conciencia	33
4 - La última fuerza	34
5 – Superconductividad	34
6 - Los pájaros provienen de los dinosaurios	34
7 - El Modelo Estándar	34
c-La ciencia está en constante evolución	34

iv-El peligro de tratar de explicar el עולם de acuerdo con la física contemporánea	37
CAPÍTULO D: LAS LIMITACIONES DE LA CIENCIA	40
i - Los enormes logros de la ciencia	41
ii - La arrogancia de la ciencia	43
iii - El mundo físico no tiene sentido sin el mundo espiritual	44
iv - Los avances técnicos conllevan nuevas cuestiones morales	45
a - Clonación	45
b - Recursos insuficientes	45
v-Los científicos no están calificados para abordar estos temas	46
vi -Imposibilidad de producir un sistema de vida ética	46
a - Sin ética	46
b - Visión del mundo inadecuada	47
c - Sin control en la sociedad	47
d - Empeoraron las cosas	47
e - Sin sentimientos, objetivos o valores	47
vii-No se puede, ni si quiera en principio, lograr una comprensión total del conocimiento	48
a - Indeterminación y probabilidad	48
b - Caos y complejidad	49
viii-Límites Prácticos	49
a - Conflicto entre la Teoría Cuántica y la Teoría de la Relatividad	49
b - Materia oscura	50
c - La migración de los pájaros	50
d - Dieta anual	50
e - Superconductividad	50
f - La forma de la vía láctea	50
g - ¿Cuántos elementos básicos pueden existir?	51
h - ¿Cómo se mueve la tierra internamente?	51
i - ¿Cómo están combinadas las cuatro fuerzas?	51
ix-Límites Lógicos	53
x-En cierto punto el mundo físico es inaccesible	53
xi-La Torá debe iluminar	53
xii-Era mesiánica	54
CAPÍTULO E: LA METODOLOGÍA DE LA FÍSICA MODERNA: TEORÍA VS. PRÁCTICA	55
i-Observación y registro de todos los hechos	56
ii-Análisis y clasificación	58
iii-Formación de teorías y leyes	58
iv-Predicción y verificación	60
v- Revisión de colegas y reproducción	63
vi-Reemplazo de la teoría anterior	64
vii-Mala conducta científica	65
CAPÍTULO F: LAS CREENCIAS SUBYACENTES DE LA CIENCIA	68
i- Unidad	69
ii-Belleza	70
iii-Sencillez	73

iv-Paradigmas	73
APÉNDICE A: EL BIG BANG	75
i-El estado de la cosmología hoy	76
ii-Descripción	76
iii-Las pruebas de la teoría del Big Bang	78
a-Desplazamiento al rojo - Efecto Doppler	78
b-Las ondas de radio mostraron cambios en el universo	79
c-Radiación Cómica de Fondo	80
d-COBE	80
e-Entropía	82
f-Composición del Universo	82
iv-Reacciones al descubrimiento del Big Bang	82
v-Teoría inflacionaria	83
vi-¿Qué pasó antes del Big Bang?	84
vii-¿Qué pasó después del Big Bang?	87
viii- Una descripción narrativa del descubrimiento del Big Bang	92
ix – ¿Todavía se está expandiendo el universo? ¿Cómo terminará?	95
APÉNDICE B:	102
LAS CUATRO FUERZAS Y EL INTENTO DE UNIFICARLAS	104
i-Gravedad	104
ii-La fuerza electromagnética	105
iii-La fuerza fuerte	106
iv-La fuerza débil	106
v-Una fuerza compuesta de cuatro	107
vi-Una quinta fuerza	112
APÉNDICE C: TEORÍA CUÁNTICA	117
APÉNDICE D: PARTÍCULAS SUBATÓMICAS	125
i-El Modelo Estándar, las cuatro fuerzas y sus partículas	126
ii-Neutrinos	129
iii-Antimateria	130
iv-Materia perdida y partículas pares	130
v -Otras partículas esperadas	132
APÉNDICE E: INCERTIDUMBRE Y PROBABILIDAD	134
i- Nuevos conceptos de materia	135
ii-Incertidumbre	135
a - Incertidumbre práctica	136
b - Incertidumbre porque el hombre es parte del sistema	136
c - Incertidumbre cuántica	136
APÉNDICE F: RELATIVIDAD	138
i-Espaciotiempo	139
ii-Agujeros negros	140
APÉNDICE G: LA RELIGIÓN Y LOS CIENTÍFICOS	142

i-Las creencias religiosas de los científicos	143
a - Isaac Newton	143
b - Herman Weyl	143
c - Max Born	143
d - Arthur Eddington	143
e - Max Planck	144
f - Robert Jastrow	144
g - Charles Townes	144
h - Carl Sagan	144
i - Steven Weinberg	144
j - Stephen Hawking	144
ii-Científicos ortodoxos en la historia	144
a-Rambam	144
b-Vilna Gaon	145
iii-Científicos ortodoxos contemporáneos	145
a- Avraham Steinberg	145
b- Elie Schusheim	145
c- Leo Levi	145
d- Abraham HaSofer	145
e- Cyril Domb	145
f- William Etkin	145
g- Alvin Radkowsky	145
h- Aaron Vecht	146
i- Rabbi Moshe Tendler	146
j- Herman Branover	146
k- Rabbi Dr. Naftali (Norman) Berg	146
l- Dr. Aryeh Gotfryd	146
m-Dr. Alexander Poltorak	146
n- Profesor Velvel Greene	146
o- Profesor Yakov Brawer	146
p- Professr Barry Simon	147
q- Arnold Penzias	147
r- Gerald Schroeder	147
<u>APÉNDICE H: LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA NATURAL</u>	148
i-Popper	149
ii-Kuhn	149
iii-Feyerabend	150
<u>APÉNDICE I: PRINCIPIOS CIENTÍFICOS VARIOS</u>	151
i - Transformación de las leyes cuánticas en leyes clásicas	152
ii - La contradicción de las leyes cuánticas y la relatividad general: los agujeros negros	152
iii - Simetría - Excepciones	152
iv-Complejidad / Teoría del Caos	152
v-Genética	153
<u>APÉNDICE J: דבש יערות SOBRE LA UTILIZACIÓN DE LA MATEMÁTICA, LA MÚSICA Y OTROS CONOCIMIENTOS MUNDANOS</u>	156
<u>APÉNDICE K: CITAS DESTACADAS Y LECTURAS</u>	159
i-Citas destacadas	160
ii-Lecturas	160

a – Primarias	160
b – Secundarias	161

ÍNDICE TEMÁTICO: CIENCIA Y EVOLUCIÓN **164**

ESQUEMA SUGERIDO PARA LA CIENCIA Y LA CREENCIA

1-Ningún conocimiento puede ser considerado como un hecho determinado.

2-Incluso el paradigma de la ciencia perfecta, la física, funciona de este modo. **Capítulo D vii y ix**

3- Algunas teorías científicas son aceptadas porque:

(i) Son más estéticas: - Copérnico **Capítulo F ii**

(ii) No tenemos unas teorías mejores en ese momento – por ejemplo, la teoría de la superconductividad **Capítulo D viii e**

(iii) A pesar de que contradicen a otras teorías – por ejemplo, la relatividad y la física cuántica. **Capítulo D viii a**

(iv) Son más fáciles de utilizar – por ejemplo, la física newtoniana. **Capítulo F iii**

4- Todo conocimiento requiere de un acto de fe. No se trata de una elección entre creyentes y no creyentes sino de distintos tipos de creencias. Para ello debemos desarrollar criterios rigurosos para examinar dichas creencias. Pero nunca podemos deshacernos de la creencia por completo. Esto se debe a que nuestro conocimiento nunca puede ser perfecto. ¿Por qué? **Capítulo D vii - xii**

5-Otros ejemplos de creencia: Democracia, capitalismo. Sistemas que elegimos para vivir y no principios de existencia subyacentes.

6- Las creencias deben representar grandes pasos de fe; de lo contrario podríamos creer en cualquier cosa. Como buenos científicos debemos examinar cuáles son aquellas creencias que mejor se adaptan a los hechos. **Capítulo A i - iii**

7- Siempre deben comenzar con una base empírica. Para el judaísmo, esa base estaba representada por el Éxodo y Sinai.

8- No debemos esperar del judaísmo más de lo que esperamos de la ciencia: siempre habrá diferentes explicaciones posibles para las cosas. El judaísmo debe ser la más racional de todas las alternativas. **Capítulos C iii y E vi**

9-Deben poder hacer predicciones.
Profecías. **Capítulo E iv**

10-Deben funcionar. **Capítulo D i**

Vivir el judaísmo a través del tiempo, el espacio, las distintas culturas, la riqueza, la pobreza, etc.

ESQUEMA SUGERIDO PARA LA CIENCIA Y EL JUDAÍSMO: ¿CONFLICTO O COMPATIBILIDAD?

- 1 – El estado de la ciencia en el mundo ya que ha funcionado. **Capítulo D i**
- 2 – El judaísmo está a favor de la ciencia. **Capítulo A i-iii; B i. Apéndice J; Apéndice G ii y iii**
- 3 – Con el correr del tiempo, la ciencia se ha acercado cada vez mas al judaísmo. **Capítulo C i; Apéndice G i**
- 4 – Todavía podría haber contradicciones, pero esto no difiere de las teorías que compiten dentro de la ciencia misma.. **Capítulo C iii a y b**
- 5 – Dado que la ciencia se está moviendo en dirección al judaísmo y que aún está progresando (**Capítulo C iii c**), podemos esperar futuros desarrollos científicos que resuelvan cuestiones que se encuentran pendientes.
- 6 – El judaísmo tiene mucho que ofrecerle a la ciencia;
 - a – Puede proporcionarle un objeto. **Capítulo D iii**
 - b – Puede ofrecerle sentido moral .**Capítulo D iv - vi**
 - c –Puede brindarle al mundo el acceso a dimensiones que van más allá de la ciencia.
Capítulo A ii, D x - xi
- 7 – Esto es particularmente cierto al abordar cuestiones espirituales y morales.

PERSPECTIVA GENERAL

PERSPECTIVA GENERAL

La Torá y la ciencia han sido contrastadas de diversas formas:

La forma más simple afirma que la ciencia y el judaísmo son dos cosas diferentes; la ciencia se ocupa solo del mundo físico mientras que la Torá aborda el plano espiritual y moral. Sin embargo no considero que este enfoque sea correcto. Si bien es cierto que la Torá no es un libro de ciencia (y que la ciencia no puede decirnos como debemos comportarnos como seres morales y espirituales), sin duda existe información en la Torá que nos habla del mundo físico. Sabemos, por ejemplo, que el mundo tuvo un comienzo definitivo, que hubo seis días de creación, etc. Incluso si entendemos estos eventos de una forma particular, tenemos que vincularnos con ellos. No se pone en duda que antes de que la ciencia descubra el Big Bang, la teoría científica del universo (que afirmaba que éste siempre había existido) estaba en conflicto con la Torá (y era por lo tanto incorrecta). Por la misma razón, indudablemente existen cuestiones respecto de la teoría de la evolución que contradicen la posición de la Torá. Más aún, Jazal son bastante explícitos al mencionar el hecho de que el mundo físico es un equivalente exacto del mundo espiritual que se encuentra sobre el primero. La totalidad de נפש החיים del Rav Jaim Volozhin está basado en este punto.

De manera que la Torá y la ciencia sí se relacionan y pueden entrar en conflicto. Aún así, lo asombro es que aunque existen definitivamente campos incompatibles entre el judaísmo y la ciencia moderna, esta última se ha movido muy rápidamente en dirección al judaísmo a lo largo del último siglo. Por lo que sabemos, no existe ni un solo campo de la ciencia que actualmente se esté alejando del judaísmo. En otros términos, la poca incompatibilidad que queda se torna cada vez mas y más pequeña. Esto es muy significativo. Cien años atrás, o aún mas,

un judío se habría topado con inmensas contradicciones entre el judaísmo y la ciencia. Su creencia en la Torá habría estado en contra de miles de años de progreso científico. Actualmente, los seminarios de Arajim utilizan a la arqueología, la física, la astronomía y otras áreas de la ciencia ¡como pruebas externas de la autenticidad de la Torá!

Pero hay algo incluso más significativo. El progreso de la ciencia está basado en determinadas creencia sobre el mundo. Las llamo creencias porque no se pueden probar científicamente. Sin embargo son el motor subyacente que impulsa a la ciencia hacia una dirección específica. Por ejemplo, los científicos han estado buscando una teoría que combine las cuatro formas de la fuerza de la materia (fuerte, débil, electromagnética y gravitacional) en una sola. Ahora bien, no hay nada en la ciencia que indique que debe existir una fuerza en lugar de cuatro. Esta es una creencia que descansa fuera del terreno de la ciencia, pero en el cual todos los científicos no solo creen sino que invierten enormes cantidades de tiempo, dinero y esfuerzo. Aunque pocos científicos se han detenido a pensar en este asunto, una creencia de ese tipo sólo tendría sentido en el mundo Monoteísta. Si existe un D-s que es la fuente de todo, entonces todas las cosas deberían poder rastrearse hacia atrás hasta un punto en el que todas ellas son una sola. Pero si no existiese Un Creador de todo, no hay nada de extraño en cuatro fuentes.

La razón por la cual la ciencia se está acercando tanto al punto de vista de la Torá en nuestra era reside en el hecho de que estamos en la era pre-Mesiánica. Este es el momento en que la Galut más poderosa que jamás haya existido sobre la tierra, Edom, fue destinado a presentar la alternativa más vigorosa y más cercana a la Torá; y la ciencia está en el centro de este asunto.

El problema con la ciencia (en realidad, el problema con Edom) ha sido que la ciencia nos acerca cada vez mas a la asociación de la creación con el Creador. Pero precisamente en este punto se detiene y afirma que eso es todo lo que hay que mencionar al respecto. La ciencia se separa a sí misma de la religión justamente en el punto en el que debería estar llamando a un entendimiento de D-s para completar la explicación que había

comenzado. La ciencia descubre el Big Bang, pero luego hará intentos desesperados por evitar decir que eso significa que D-s creó el mundo. Los científicos descubren el principio antrópico que sostiene que la naturaleza parece tener un sentido y una dirección hacia la vida, pero no dirán que algún Ser la diseñó de esa forma.

CAPÍTULO A: DESCUBRIR A הַשֵּׁם A TRAVÉS DEL **MUNDO FÍSICO**

i-Obligación de ver la השגחה de הַשֵּׁם en el mundo físico

ii-El mundo físico es un mundo de הכרה, por ello la השגחה se ve a través de un orden.

iii- Por lo tanto, el estudio del mundo físico puede constituir el punto de partida para descubrir la verdad

iv-La razón por la que usamos la תורה y no el mundo físico reside en que este último es un método en el que no se puede confiar.

CAPÍTULO A: DESCUBRIR A השם A TRAVÉS DEL MUNDO FÍSICO

i-Obligación de ver la השגחה de השם en el mundo físico

אין בירה בלא מלך descubrió a D-s al observar el mundo físico y ver que אין בירה בלא מלך. David Hamelej en sus Tehilim nos muestra cuánto le enseñó la naturaleza y cómo le recordó a D-s. Los Avot, Moshé Rabeinu y David Hamelej aprendieron a ser grandes personas al ser primero pastores. Los sabios nos dejaron un maravilloso trabajo sobre la naturaleza cuyo nombre muy apropiado es פרק שירה. Y todos los judíos se sensibilizan con la naturaleza cada mañana al decir los פסוקי דזמרה. El Rav Simshon Raphael Hirsch una vez comentó: “Qué contestaré cuando me pregunten ‘¿Raphael, viste mis Alpes maravillosos?’”

Fue él quien dijo: “Dos revelaciones nos son entregadas: la Naturaleza y la תורה¹.”

Las יערות דבש nos muestran cómo la matemática, la música y otros conocimientos mundanos nos acercan a D-s² y el Maharal afirma que el mundo de la naturaleza es una escalera a través de la cual podemos alcanzar niveles mas altos de la Torá³.

ii-El mundo físico es un mundo de הכרה, por ello la השגחה se ve a través de un orden

El uso de אלוקים en בראשית implica que el mundo fue creado de acuerdo con patrones o leyes establecidas = מדת הדין. Esta es la base de la posibilidad de existencia de la ciencia, que confía en el hecho de que el mundo es consistentemente lógico.

הסתכל באורייתא וברא עלמא significa que la lógica del mundo está en armonía con la lógica de la תורה. Dado que el hombre también fue creado desde la תורה, paralelamente la lógica del hombre está en armonía con la lógica del mundo.

Allí estriba el hecho significativo de que cuando el hombre piensa en un sistema puro de lógica abstracta como en el caso de las matemáticas, esa lógica aparece como consecuente con la lógica del mundo:

“D-s siempre se geometriza” - Platón

¹ Nota al final de la decimoctava carta en las Diecinueve Cartas

² Ver **Apéndice J** donde hemos incluido las יערות דבש completas.

³ מהר"ל נתיב התורה פ"י
ודבר זה בארו חכמים במסכת ברכות (נ"ח ע"א) הרואה חכמי אומות העולם אומר ברוך שנתן מחכמתו לבשר ודם והרואה חכמי ישראל אומר ברוך שחלק מחכמתו ליראיו... לשון נתינה משמע אינו מן עצם החכמה שהיא אל השי"ת ... שם חכמה עליה רק שאין חכמתן חכמה אלקית נבדלת מן הגשמי לגמרי. ואם כן מזה נראה כי יש ללמוד חכמת האומות, כי למה לא ילמד החכמה שהיא מן השם יתברך שהרי חכמת האומות גם כן מן השם יתברך שהרי נתן להם מחכמתו יתברך ... אבל החכמות לעמוד על המציאות וסדר העולם בודאי מותר ללמוד ... כי החכמה הזאת היא כמו סולם לעלות בה אל חכמת התורה... (מס' שבת עה:)... מנין שמצוה (על האדם) לחשוב תקופות ומזלות שנאמר (ושמרתם ועשיתם) כי היא חכמתכם ובינתכם לעיני כל העמים איזו חכמה שהיא לעיני כל העמים הוי אומר זה החושב תקופות ומזלות... ומה שאמר כי היא חכמתכם לעיני כל העמים, מפני כי האומות הם שרוצים להתחכם בחכמה הזאת ביותר... ומזה נלמוד כי כל דבר שהוא לעמוד על מהות העולם יש לאדם ללמוד, ומחויב הוא בזה כי הכל מעשה השם הוא ויש לעמוד עליהם ולהכיר על ידי זה בוראו

"El gran arquitecto del universo ahora aparece como un matemático puro" (Carl Gustav Jacob Jacobi, siglo XIX, Prusia, Libro del Tiempo y La Vida sobre las Matemáticas pág. 9)

"Nuestras mentes que inventan matemáticas se corresponden con la realidad del cosmos. Por ejemplo, la división de la circunferencia de un círculo por su diámetro da como resultado el número Pi – 3,141549. Este número aparece en ecuaciones que describen las partículas subatómicas, la luz y otras cantidades que no tienen una conexión obvia con los círculos. Esto demuestra que las matemáticas inventadas por los humanos de alguna manera se insertaron en las verdades del cosmos". (John Polkinghorne en *Newsweek*, 27 de Julio de 1998).

"Esto parece estar diciéndonos que algo de la conciencia humana está en armonía con la mente de D-s". (Carl Feit, biólogo especializado en cáncer en la Y.U., *ibidem*)

Nadie tenía la expectativa razonable de que, utilizando la lógica únicamente, podríamos entender el mundo:

"Lo mas incomprensible acerca del mundo es que es comprensible", Einstein (en Libro del Tiempo y la Vida sobre la energía, pág 137)

"No puede haber una ciencia viviente si no hay una convicción instintiva generalizada respecto de la existencia de un orden de las cosas". (Alfred North Whitehead en *Science and the Modern World*).

iii- Por lo tanto, el estudio del mundo físico puede constituir el punto de partida para descubrir la verdad

אבינו אברהם utilizó este método¹:

בראשית רבה (ריש פ' לך לך – לט א): אמר רבי יצחק משל לאחד שהיה עובר ממקום למקום וראה בירה אחת דולקת. אמר תאמר שהבירה זו בלא מנהיג? הציץ עליו בעל הבירה. אמר לו 'אני הוא בעל הבירה'. כך שהיה אבינו אברהם אומר תאמר שהעולם הזה בלא מנהיג? הציץ עליו הקב"ה, ואמר לו, 'אני הוא בעל העולם'.

El *dirige el mundo*². Esta es una manera de conocer a Dios y lo que El hace.

רמב"ם - Ciencia / naturaleza como una forma de amarle y de temerle, es decir, como una forma de tener una relación con Él.

רמב"ם פ"ב מהל' יסודי התורה הל' ב:

¹ רב צדוק הכהן, צדקת הצדיק ס' קפט: ב' מיני השגות אלוקות יש: א מצד הבריאה מכיר שיש בורא וזה נקרא מעשה בראשית ב מצד ההנהגה וזה נקרא מעשה מרכבה איך הש"י רוכב על הברואים. והם ב' מדרגות דראיה וידיעה של אבות ומרע"ה הנוכח בזוהר וארא כג א ע"ש שהאבות השיגו מצד הברואים כמשאז"ל (בר"ר ר"פ לך לך) באברהם אבינו ראה בירה דולקת וכו' והיא נקרא ראייה דאתגליא ולכן נקרא אותו שם אצלם שם בכתוב המורה שאמר לעולמו די דרז"ל (חגיגה יב). ופי' הרבי רב בונים וצ"ל שיש די בריאה זו להכיר אלוקותו על ידו ... וידיעה הוא בהנהגה כמ"ש הוידעני נא דרכיך וגו' ע"ש

² דרך ה': ח"א פ"א ס"ב
אמנם, גם מצד החקירה במופתים הלמודיים יאמתו כל העניינים האלה, ויוכח היותם כן מכח הנמצאות ומשיגיהם אשר אנחנו רואים בעינינו על פי חכמת הטבע, ההנדסה, התכונה ושאר החכמות, שמהם תלקחנה הקדמות אמיתיות אשר יולד מהן ברור העניינים האמיתיים האלה. ואמנם, לא נאריך עתה בזה, אלא נציע הקדמות לאמתם ונסדר הדברים על בורים, כפי המסורת שבידינו והמפורסם בכל אמתנו.

והיאך היא הדרך לאהבתו ויראתו. בשעה שיתבונן האדם במעשיו וברואיו הנפלאים הגדולים ויראה מהן חכמתו שאין לה ערך ולא קץ מיד הוא אוהב ומשבח ומפאר ומתאוה תאוה גדולה לידע השם הגדול¹.

רמב"ן, דרוש תורה תמימה
"חכמי הגויים אינם יודעים ביצירה מה שיודע קטן בישראל. ודבר ברור הוא שרוב תועלת שאר החכמות אינה אלא להיות סולם לזו ולחכמה שקורין הם ידיעת הבורא..."

צדקת הצדיק קעג: כל הדברים הטבעיים הם עושים רצון הש"י... וצריך האדם ללמוד מהם כדרך שאמרו בפסחים (נג): דחנניה מיארל ועזריה למדו ק"ו מצפרדעים ואע"פ שהם אינם בעלי בחירה רק מ"מ למידים שעשיית רצון הש"י הוא ג"כ במס"נ... הגם דבטבע כל הברואים לברוח מדבר המזיקם ומזה למידים לבחירה ג"כ... אבל בפעולה שיש בה קה"ש צריך למסירת נפש כמוהם.

iv- La razón por la que usamos la תורה y no el mundo físico reside en que este último es un método en el que no se puede confiar

A través de la תורה, los יחידים pueden lograr un entendimiento cabal del mundo físico.

חגיגה יא:
אין דורשין בעריות בשלשה ולא במעשה בראשית בשנים ולא במרכבה ביחיד אלא אם כן היה חכם ומבין מדעתו

מאירי: ריש פ"ב דחגיגה: וענין מעשה בראשית הוא ידיעת חכמת הטבע ונכלל בה ידיעת שני עולמות ר"ל עולם היסודות ועולם הגלגלים.

רמב"ם: (ה' יסודי התורה פ"ד ה"יא):
...ולמה אין מלמדין אותו לרבים לפי שאין כל אדם יש לו דעת רחבה להשיג פרוש ביאור כל הדברים על בורין.

(רמב"ן בראשית א: א: ver también)

Por otro lado, la תורה es accesible para todo el mundo, pero parece ser que el entendimiento de la Torá a través del mundo físico no lo es.

Nuestra fe de סיני, de la que fuimos testigos personalmente, no requiere de otras especulaciones científicas o de la confianza en una מסורה cabalística.

Los requerimientos mínimos de la ciencia: el mundo natural consiste en que D-s creó el mundo y continúa recreándolo (המחדש בטובו בכל יום תמיד מעשה בראשית). Sin embargo,

¹ ושם ה' א: הקל הנכבד והנורא הזה מצוה לאהבו וליראה אותו שנאמר ואהבת את ד' א-לקיך. ונאמר את ה' אלקיך תירא (ואילו בספר המצוות מ"ע ג ג (אהבתו):

היא שצונו באהבתו יתעלה. וזה שנחשוב ונתבונן במצותיו ומאמריו ופעולותיו עד שנשיגהו ונהנה בהשגתו בתכלית ההנאה, וזאת היא האהבה המחוייבת, ולשון ספרי לפי שנאמר ואהבת את ה' אלקיך איני יודע כיצד אוהב את המקום תלמוד לומר והיו הדברים האלה אשר אנכי מצוך היום על לבבך שמתוך כך אתה מכיר את מי שאמר והיה העולם. עכ"ל ושניהם אמת)

חגיגה יב.
ת"ר ב"ש אומרים שמים נבראו תחלה ואח"כ נבראת הארץ שנאמר בראשית ברא אלקים את השמים ואת הארץ וב"ה אומרים ארץ נבראת תחלה ואח"כ שמים שנאמר ביום עשות ה' א-לקים ארץ ושמים... וחכ"א זה וזה כאחת נבראו

יומא נג:
מתני' משניטל ארון אבן היתה שם מימות נביאים ראשונים ושתיייה היתה נקראת גבוה מן הארץ שלש אצבעות ועליה היה נותן (המחתה)

ושם בגמ' נד:
תנא שממנה הושגת העולם תנן כמאן דאמר מציון נברא העולם דתניא רבי אליעזר אומר עולם מאמצעיתו נברא שנאמר בצקת עפר למוצק ורגבים ידבקו רבי יהושע אומר עולם מן הצדדין נברא שנאמר כי לשלג יאמר הוי ארץ וגשם מטר וגשם מטרות עזו רבי יצחק (נפחא) אמר אבן ירה הקב"ה בים ממנו נשתת העולם שנאמר על מה אדניה הטבעו או מי ירה אבן פנתה וחכמים אומרים מציון נברא שנאמר מזמור לאסף קל אלקים ד' ואומר מציון מכלל יופי ממנו מוכלל יפיו של עולם תניא ר' אליעזר הגדול אומר אלה תולדות השמים והארץ בהבראם ביום עשות ה' א-לקים ארץ ושמים תולדות שמים משמים נבראו תולדות הארץ מארץ נבראו וחכמים אומרים אלו ואלו מציון נבראו שנאמר מזמור לאסף קל אלקים ד' דבר ויקרא ארץ ממזרח שמש עד מבואו ואומר מציון מכלל יופי א-לקים הופיע ממנו מוכלל יופיו של עולם: נטל את הדם ממי שממס בו וכו':

וכן בתנחומא יש חולקים אם ביום הראשון נברא כל העולם או בכל יום ויום נברא ובבראשית רבה ג: א: ר' יהודה אומר האורה נבראת תחילה... ור' נחמיה אמר העולם נברא תחילה. (עיין עוד בב"ר יב: ד)

Por ende, las cuestiones específicas en cuanto a cómo D-s creó el mundo y cuál es la naturaleza de las leyes científicas que El utiliza para crear y dirigir el mundo no son principios fundamentales de fe y por lo tanto están abiertos (con ciertas restricciones) a opiniones contradictorias. Si hubiese existido una tradición oral detallada que se ocupase de estos temas, no habría habido מחלקת:

רמב"ם הקדמה לפירוש המשניות (סדר 4 página Ver)
החלק הראשון פירושים מקובלים מפי משה ויש להם רמז בכתוב ואפשר להוציאם בדרך סברה וזה אין בו מחלוקת אבל כשיאמר האחד כך קבלתי אין לדבר עליו: חלק השני הם הדינים שנאמר בהן הלכה למשה מסיני ואין ראיות עליהם כמו שזכרנו וזה כמו כן אין חולק עליו: החלק השלישי הדינים שהוציאו על דרכי הסברה ונפלה בה מחלוקת... וכל מה שידמה לאלו המחלוקות שהם ענפי הענפים... והעיקרים כמו כן הנתונים לזה כמו העיקרים הנתונים לזה.

CAPÍTULO B: LA CIENCIA DEBE ESTAR SUBORDINADA A LA תורה

i-El judaísmo está a favor del progreso técnico

ii-A través de la תורה llegamos al mundo físico

a-Ciencia, la razón exterior, espiritualidad, la razón subyacente

CAPÍTULO B: LA CIENCIA DEBE ESTAR SUBORDINADA A LA תורה.

i-El judaísmo está a favor del progreso técnico

a-El judaísmo nunca se sintió en conflicto con la ciencia

Fue el cristianismo, no el judaísmo, el que tenía un conflicto histórico con la ciencia:

Cuando Galileo apoyó la opinión de Copérnico de que el sol, y no la tierra, era el centro del universo, la Iglesia lo obligó a abandonar sus puntos de vista. En 1997, el Papa se disculpó por esta posición de la Iglesia.

Hasta la aparición de Copérnico, Aristóteles y Ptolomeo tenían el reinado supremo. La Iglesia y la ciencia estaban de acuerdo: la tierra era el centro del universo; los planetas, el sol y las estrellas giraban alrededor de la tierra en ocho esferas hechas de una sustancia inmutable; sus movimientos eran circulares. Copérnico, seguido de Tycho Brahe (1541-1601) y Johannes Kkepler (1571-1631) desafiaron esta doctrina presentando un universo cuyo centro era el sol. Durante mas de un siglo, la Iglesia luchó contra esta doctrina, considerándola como contraria al centralismo del hombre en el mundo. Copérnico escapó a las persecuciones mas radicales que recaerían más tarde sobre Bruno y Galileo. Esto ocurrió en parte porque su doctrina aún era considerada débil, ya que no podía explicar por qué, si la tierra se mueve, no nos caemos todos de ella (la gravedad era desconocida); por qué la posición de las estrellas no parece cambiar constantemente ni por qué no se detecta el viento inducido por el movimiento. De todos modos, los teólogos intentaron evitar la publicación de “Las Revoluciones” de Copérnico. John Calvin sostuvo que la Biblia dice que el mundo no puede moverse, y Martin Luther condenó a Copérnico.

Giordano Bruno (1548-1600) originalmente fue ordenado sacerdote, pero llevaba una vida problemática con la Iglesia. Aunque fue excomulgado dos veces, logró convertirse en uno de lo científicos más importantes de su época. En 1593 fue sometido al comienzo de un juicio de siete años que le efectuó la Inquisición romana, la cual le exigía que se retractara de sus opiniones copernicanas. Él declaró que no tenía nada de qué retractarse y fue quemado nueve días mas tarde.

En 1616 la Iglesia decretó que Copérnico era “falso y erróneo” y prohibió sus escritos. La visión de la iglesia continuó siendo la aristotélica: el mundo era el centro del universo, no se movía y el sol giraba alrededor de la tierra. En 1632 Galileo fue juzgado por la Inquisición romana por propugnar la teoría copernicana de la estructura de universo, y de este modo violar el decreto de 1616. No le entregaron una copia de los cargos en su contra ni tampoco le permitieron que alguien lo defienda. Le dieron la elección de retractarse públicamente o ser asesinado. En una decisión que algunos han criticado como perjudicial a la causa de la ciencia, Galileo eligió la vida. Fue obligado a decir: “Abjuro, maldigo y detesto los errores y herejías antes mencionados”. A los setenta años de edad fue recluido en su casa bajo arresto domiciliario por el resto de su vida.

En las décadas siguientes, la Iglesia Católica perdió el control del gobierno y del pueblo. El día de la muerte de Galileo, nació Isaac Newton y la revolución científica comenzada por Copérnico fue completada.¹

¹ (Tomado de *The Science Class You Wish You Had*, de David E. Brody y Arnold R. Brody)

b-La הלכה se relaciona con la ciencia contemporánea por ser normativa:

Por ejemplo, nos obliga a utilizar los procedimientos médicos más actualizados:¹

אברהם בן הרמב"ם ; מאמר על אודות דרשות חז"ל (בעין יעקב הקדמה)
... לא נתחייב מפני גודל מעלת חכמי התלמוד... שנטען להם ונעמיד דעתם בכל אמריהם ברפואות ובחכמת
הטבע והתכונה (ע"ש)

Utilizamos el conocimiento contemporáneo aunque sabemos que ese conocimiento se desactualizará.

La הלכה requiere cierto conocimiento de la ciencia o el acceso a aquellos que tienen ese conocimiento. **Ver Apéndice J - יערות דבש** donde el Rav Yonasan Eybeshitz explica los beneficios de la Torá en cada una de estas áreas.²

En consecuencia:

*a) Los sabios conocían la ciencia:*³

El Kuzari, מאמר רביעי כה-לא, describe la sorprendente profundidad del conocimiento que tenían los sabios sobre el mundo físico. Comprendían con precisión las relaciones de los ciclos de la luna con el sol muchos siglos antes que el conocimiento occidental en la materia. Esto requería conocer las matemáticas así como la apariencia exacta de las constelaciones en distintas partes del cielo en momentos específicos del año y también adónde se vería la luna en relación con éstas. Podían decir, sin realizar un examen interno, si un tipo particular de sangre provenía del flujo menstrual o de otra fuente. Podían hacer esto simplemente observando una mancha de sangre. Sabían cuáles eran las enfermedades que resultaban fatales a los animales y cuáles no, y tenían un conocimiento biológico detallado de cuántos animales exactamente podían causar daños con las garras. Hay muchos otros ejemplos.

b) El judaísmo cree en el aprovechamiento de la mejor tecnología actual.

Chequeos de computadora de סת"ם.

Torá Mosdos con la tecnología de punta de Internet.

(Aunque se reconoce que la tecnología es usualmente un vehículo para la transmisión de valores espirituales negativos).

¹ Ver חזון איש en su אמונה ובטחון (פ"ה), que muestra en detalle cómo los sabios y otros que vivían en su época tenían un enorme conocimiento de la medicina y otras ciencias. Gran parte de estos conocimientos luego se perdieron, aunque algunos fueron redescubiertos por la ciencia moderna y la medicina. Otras áreas parecen eludirnos hasta nuestros días.

² Ver también *Challenge*, A Radkowsky pág. 77 (abajo)-79.

³ Ver *Challenge*, A Radkowsky pág. 88, el párrafo que comienza con "We know..."

c) *Ser científico, médico, etc., Siempre ha sido considerado una profesión aceptable para un judío ortodoxo.*¹

ii-A través de la תורה llegamos al mundo físico

Dado que el mundo fue creado desde la Torá², ésta contiene toda la sabiduría que podríamos encontrar en el mundo³. La תורה es un manual de תקון העולם a través de (entre otros) la santificación de lo físico - מקדש הגשמיות:

El rabino S.r. Hirsch explica que una persona que no ve al mundo natural como una extensión de su Torá, sino como algo separado e independiente, es como si se hubiese arrancado a sí mismo de su fuente de vida. Este, dice, es el significado de Mishné en Avot:

אבות ג ט

רבי יעקב אומר: המהלך בדרך ושונה ומפסיק ממשנתו ואומר: מה נאה אילן זה, מה נאה ניר זה - מעלה עליו הכתוב כאילו מתחייב בנפשו.

Es decir, una persona que va caminando, estudiando la Torá, y cuando ve un árbol precioso, etc. siente que ha dejado de ocuparse de la Torá, es como si se hubiese arrancado a sí mismo de su fuerza de vida⁴.

רמב"ן הקדמה לחומש:

וגם כן כל הנאמר בנבואה ממעשה מרכבה ומעשה בראשית, והמקובל בהם לחכמים, עם תולדת ארבע הכחות שבתחתונים, כח המחצבים, וכח צמחי האדמה, ונפש התנועה, ונפש המדבר, ככולם נאמר למשה רבינו בריאתם, ומהותם, וכחותם, ומעשיהם, ואפיסת הנפסדים מהם, והכל נכתב בתורה בפירוש או ברמז.

¹ Ver la lista de científicos ortodoxos – Apéndice G - ii

² בריש ברי"ר אמרו ז"ל שהתורה היא דפוס מעשה בראשית

³ ר' בחיי (הקדמה לחומש): כל החכמות כלן נכללות ב[תורה] רמב"ן (הקדמה לחומש): ושלמה המלך שנתן לו החכמה והמדע, הכלל מן התורה היה לו רוח חיים פ"ה מש"א: ועל תיקון כל העולמות רמזו חז"ל במדרש (שה"ש רבה א: ז) יודע הי' שלמה למתק את החרדל ע"ד שאמרו בזה"ק דמהפך מריא למתיקא וחשוכא לנהורא.

רמב"ן, דרוש תורה תמימה:

"שדוד התחיל ואמר, כי השמים מספרים כבוד אל, מפני שתנועת השמים תמידית ונצחית, וכל מתנועע צריך למניע... "תורת ה' תמימה משיבת נפש, כלומר שאלו ראיות ברורות לכבוד האל וכי הם מעשה ידיו הכל, תורת ה' שלמה יותר מזה, והיא משיבת נפש ומחכימת פתי, כלומר שמסרת כל ספק מן הלבבות, מן החכמים, ומין שאינן מבינים מהלכות שמים ומערכי כוכבים..."

⁴ ר' שמשון רפאל הירש:

"משנתו": משנה "שלו", אותה המשנה העוסקת בעצובם החופשי של חיי האדם וכל יחסיהם עפ"י רצון בוראו ורבונו, מביאה לחיים ולהתפתחות האדם הרמונית, שלימות מוסרית וכן מוסרי במידה גדולה יותר מהיחסי האסתטי של הטבע. שכן אין משנה זו - התורה - מהוה, אלא את האחדות הפנימית ביותר של הרבגוניות המשופעת של יחסי בני האדם, באמצעות חדירתה החופשית בהם ברוח אלוהית לפי רצונו ית' - הרמונית המגלמת את המזיגה הנעלה ביותר של יופי. והיה, כך דעת משנתנו, והמזיגה הנעלה הזאת אינה משתקפת בשעת הלימוד, והלומד מפסיק ממשנתו על-מנת להתפעל על יפיו של הטבע, הריהו כאילו חטא בנפשו, או מוטב, כאילו התחייב בנפשו; שכן לא הכיר את היוקרה והיופי של נפש אדם מוארת ומודרכת מרוח ד', שעולה לאין שיעור על כל הוד ונוי הטבע.

(es decir, cuando miró el árbol o el campo no vio esto como una continuación de su Torá)

a-Ciencia, la razón exterior; espiritualidad, la razón subyacente.

El Maharal explica que los Sabios nunca intentaron dar explicaciones científicas, médicas o biológicas de las cosas. Solo estaban interesados en acercarse al contenido espiritual interior de la situación.

מהר"ל, באר הגולה (באר שישי עמ' קו): חא באו חכמים לדבר מן הסיבה הטבעית כי קטון ופחות הסיבה הטבעית כי דבק זה יאות לחכמי הטבע או לרופאים או לחכמים. אבל הם ז"ל דברו מן הסיבה שמחייב הטבע.

Las leyes científicas son explicaciones de lo que acontece en el mundo. Detrás de estas explicaciones que develan el "qué" están las razones del por qué, la realidad espiritual subyacente de las cosas¹. Los científicos exceden su mandato, y pueden ser muy peligrosos, cuando tratan de abordar el por qué². En última instancia, ese contenido interior no solo está en absoluta armonía con el exterior, es decir con la realidad científica, sino que es la razón detrás de la razón.

מהר"ל (שם סו): שאמרה תורה על אות הקשת (בראשית ט: יד-טז): את קשתי נתתי בענן והיתה לאות ברית ביני וביים הארץ... והיתה הקשת בענן וראיתה לזכור ברית עולם וחכמי הטבע נתנו סיבה טבעית לקשת כמו שידוע אבל הדבר הוא כך שהסיבה אשר נתנה התורה הוא הסיבה שלכל דבר יש סיבה טבעית המחייב אותו, ועל אותה הסיבה הטבעית יש סיבה אלוקית, והוא סיבת הסיבה, ועל זה דברו חכמים. כי לאדם על צורתו ומספר אבריו יש סיבה טבעית, כי אין ספר שיש לדבר זה פועל טבעי, ומכל מקום יש לאותה סיבה סיבת אלוקית, שעל סיבת הסיבה אמר (בראשית א כג): ויברא אלוקים את האדם בצלמו בצלם אלוקים ברא אותו.³

¹ ר' חיים פרידלנדר, שפתי חיים (אמונה ובטחון ח"ב דף תמט): חכמי הטבע אינה עוסקת בלמה, התחום שבו היא עוסקת הוא המה

² שפתי חיים שם: אוי ואבוי הוא כאשר חכמי הטבע חורגים מגבולות וממגבלות חכמתם, ומנסים להסביר את הלמה, כי אז הם בודאי שוגים, וטועים, מפני שהלמה - סיבת הסיבה היא רוחנית

³ En los Siftei Chaim (אמונה ובטחון ח"ב דף תמח), el Rav Jaim Friedlander explica el Maharal, trayendo la דעת (דף סז-ט) que dice tenemos un ojo en armonía con el Ojo de la Providencia de D-s, oídos para reflejar que D-s escucha nuestra plegarias, etc.

CAPÍTULO C: CONFLICTOS Y COMPATIBILIDAD

i- Compatibilidad actual

a - Big Bang

b – La Materia es Energía/Campos

c - Probabilidad

d – Universo centrado por el observador

e – Teoría de la Evolución interrumpida

f - Microbiología

g - Arqueología

h - Supersimetría

i – Teoría de la Relatividad

j – Reconocimiento de Limitaciones

k – Principio Antrópico

l – Científicos Religiosos

ii- Vivir la Contradicción

iii-La ciencia misma alberga contradicciones

a - Teorías Contradictorias

b - Teorías que compiten

c - La ciencia está en constante evolución

1 – Los Rollos del Mar Muerto

2 – Materia Oscura

3 – Conciencia

4 – La Última Fuerza

5 - Superconductividad

6 – Los pájaros provienen de los dinosaurios

7 – El Modelo Estándar

c-La ciencia está en progreso constante

iv-El peligro de intentar explicar algo de acuerdo con la física contemporánea

CAPÍTULO C: CONFLICTOS Y COMPATIBILIDAD

i- Compatibilidad Actual

Movimiento de la ciencia en dirección al judaísmo en todas las áreas:

Aquí expondremos cómo una muestra representativa de diversas ciencias se está acercando, en lugar de alejarse, a lo que el judaísmo ha venido diciendo sobre el mundo durante miles de años. Ciertamente, aún existen contradicciones. Pero la ciencia continúa progresando. Hay razones suficientes para esperar que, con el tiempo, la ciencia resuelva esas contradicciones también. Mientras tanto, podemos vivir cómodamente con ellas. No tenemos que recurrir a interpretaciones enormemente inusuales y creativas del Judaísmo para reconciliarlo con las defensas razonadas de la ciencia contemporánea. (A largo plazo, cuando la ciencia cambie, eso solo tendrá un efecto contrario al deseado). Podemos esperar pacientemente que la ciencia haga el trabajo. A medida que progrese, naturalmente se moverá en dirección a la reconciliación con el judaísmo en todos los asuntos que están pendientes de resolución.

Debemos recordar que los científicos crean teorías que explican el mundo en términos que tienen sentido para ellos. Las herramientas conceptuales que los científicos tienen disponibles varían con el tiempo. En nuestros días, por ejemplo, tenemos la computadora y era inevitable que algún físico comience a utilizar la terminología de la computación para explicar las leyes básicas del universo. De hecho, en *A New Kind of Science* el físico Stephen Wolfram afirma que el universo es en esencia un simple programa de computadora. Toda su complejidad, incluidos nosotros mismos, es el producto de unas pocas instrucciones

(por cierto, desconocidas) que equivalen a las líneas de un código en una computadora digital.

Alrededor de 2.600 años atrás, el descubrimiento de las leyes de proporción aplicadas a los tonos musicales inspiraron a los seguidores de Pitágoras a imaginar una “música celestial de las esferas” que regiría los caminos de los planetas, las estaciones del año, los ciclos biológicos y otros ritmos naturales. Del mismo modo, los fabricantes de relojes europeos de la edad media, admiraban tanto a Descartes, Kepler, Boyle y a otros pensadores, que consideraban que el universo era como el engranaje mecánico de un reloj. Y ahora, cuando Wolfram dice que el universo es un programa, quiere significar, literalmente, que funciona a la manera de un programa de computación.

Todos los ejemplos citados más abajo pertenecen al siglo XX, es decir, a la ciencia reciente. Esa misma ciencia, que en el pasado era el desafío del mundo occidental mas poderoso que se le presentaba al judaísmo, ahora, en la era pre-mesiánica inmediata, se está reconciliando rápidamente con el judaísmo. Tal vez esto es para preparar a las naciones del mundo para la era mesiánica, cuando ambas verán claramente que todo se fusiona para expresar la unidad de D-s¹.

a - Big Bang

El Big Bang postula que toda la materia “explotó” hacia fuera desde un pedazo de materia infinitamente pequeño y denso (o de la nada). Ese fue el comienzo del universo, en la medida en que podemos saber algo sobre él, y esto incluye el tiempo y el espacio.

Anteriormente, la ciencia creía en un universo estático, es decir, el mundo

¹ Ver דעת תבונות, edición del Rav Friedlander, סימן קכ"ח, primeros dos párrafos.

siempre había existido. Los judíos que creían en la historia de la Creación, ¡fueron objetados durante mas de veinte siglos de ciencia! Y luego, por espacio de cuarenta años (desde la década de 1920 hasta la de 1960) y a pesar de la resistencia de muchos científicos destacados (incluido Einstein), esta teoría fue indiscutiblemente derrotada. De repente, ¡un gran conflicto entre la ciencia y el judaísmo había sido resuelto! (Uno de los dos co-descubridores de esta teoría es un judío ortodoxo llamado Arnold Penzias. Ambos recibieron premios Nobel).

Hoy los científicos creen que antes del Big Bang el mundo estaba condensado en un punto infinitamente pequeño. Esta es la manera en la que מעשה רמב"ן entiende בראשית:

רמב"ן בראשית א א: השמים ... [היתה] מאין נקודה פחותה מגרגיר חרדל ... ונקודה אחרת הארץ וכל אשר עליה.

Para mas detalles sobre el Big Bang, el hecho de que muchos científicos destacados se resistían a aceptar esta teoría por sus implicancias religiosas y lo que supuestamente ocurrió antes del Big Bang, ver el **Apéndice A**. También ver el punto **k- El Principio Antrópico** en esta sección, para comprender cómo el universo estaba tan perfectamente balanceado que emergió del Big Bang, y cómo pudo haber ocurrido esto. Ver el **Apéndice de la Evolución** para una explicación detallada de estos principios.

(Nota: Aunque existe una explicación sobre cómo algo pudo haber salido de la nada (del vacío negativo durante el período inflacionario de acuerdo con el modelo inflacionario del Big Bang), esto es una conjetura absoluta y la mayoría de los científicos no se adhieren a esta postura.

En todo caso es mucho menos probable que la explicación de que D-s creó al

mundo. Si El creó el mundo, entonces El necesariamente existe).

b – La materia es energía/campos

Al inicio del siglo XX, comenzamos a darnos cuenta de que la materia no era tan sólida como parecía. Toda materia está compuesta de átomos que son en realidad un núcleo con electrones girando a su alrededor. Entre medio de esos electrones solo hay espacio vacío (compuesto de campos de fuerza) y dado que los electrones son muy pequeños, solo una fracción de materia es realmente sólida.

El hecho de que la materia no es en realidad sólida fue considerado un paso adelante cuando Einstein redujo la idea de que la materia es verdadera energía y la energía es verdadera materia a la simple fórmula: $E=mc^2$.

“El hecho de que la energía puede ser convertida en materia sugiere que el universo comenzó sin ningún tipo de materia y que toda la materia que vemos ahora fue generada de la energía del Big Bang¹”. Dado que percibimos la energía como más espiritual que la materia, ahora se hace más fácil entender cómo un universo material pudo haberse creado desde una fuente no material. Esto no solamente concuerda con la creencia en D-s como creador de todas las cosas sino también con todo el sistema de השתלשלות, el desarrollo de las fuerzas de universos superiores (עולמות) etc. en otros inferiores hasta que finalmente se expresan en nuestro mundo físico (עולם המעשה).

Otro descubrimiento del siglo XX que nos permite percibir más fácilmente a la materia como originada en una Fuente Suprema es la Teoría de los Campos.

Cada partícula de ??? [sic] produce un campo de fuerza a su alrededor. Sin embargo, algunos científicos han llevado esta idea mas lejos. Dado que todo lo que

¹ *Superfuerza*, pág. 19

podemos decir sobre una partícula es que probablemente existe dentro de un cierto rango y por lo tanto es mas una mancha o una nube brillante que un punto localizado, es posible que la materia sea en última instancia un reflejo de campos existentes; es decir, la materia simplemente se refleja donde los campos de fuerza son más fuertes.

Un concepto adicional en estas líneas es el de las ondas. Originalmente los fotones y los electrones eran considerados partículas, pero luego, (incluso antes del descubrimiento de los campos) se pensaba que a veces actuaban como ondas (que son simplemente bloques de energía). Hoy se los considera tanto partículas como ondas.¹

¹ Ver el **Apéndice E i – La Desaparición de la materia** para mas detalles en relación con este tema. Veamos ahora cómo Gerad Schroeder describe a la materia en el siguiente artículo:

En 1923, casi una década después de la publicación de la teoría de la relatividad de Einstein (ya no es una teoría, por supuesto, ahora es una ley), el físico francés Louis De Broglie introdujo una idea que era incluso mas extraña en sus postulados que las afirmaciones de Einstein de que la materia realmente era una forma de energía. De Broglie afirmaba que toda materia tiene relacionado un largo de onda y una frecuencia de esa onda, un cierto número de ciclos de ondas por segundo. No solo había aprendido la humanidad que la materia no era materia, sino que ahora teníamos que creer que todo era una onda. Todo, incluidos tu y yo. Setenta años de experiencia habían sostenido los postulados absurdos y contraintuitivos tanto de De Broglie como de Einstein.

El piso sobre el cual estás parado y los cimientos que sostienen un rascacielos son 99,999% espacio vacío. Lo que percibimos como materia sólida son en realidad las ondas de De Broglie separadas por un espacio abierto, hechas impermeables por lo invisible, campos inmateriales de fuerza que de alguna manera invaden el espacio. El mundo simplemente no es lo que parece. Una mirada superficial de la naturaleza encuentra diferenciación y entidades dispares – estrellas, rocas, agua en botellas e incluso vida y muerte. Leer la misma naturaleza a un nivel más profundo revela que todo es una manifestación de una sola unidad subyacente. Estoy en nuestro balcón. El sol de la tarde de Jerusalén se filtra a través de las

c - Probabilidad

Hasta el siglo XX, los científicos pensaban que el mundo era absolutamente determinista, es decir, todo efecto tiene una causa bien determinada que resulta ser el efecto de otra causa anterior, y así hasta el infinito. Tal como lo expresó en el siglo XIX el francés Laplace, si pudiésemos saber todo lo que ocurrió en el mundo hasta ahora, podríamos predecir todo lo que sucedería en el mundo a partir de ese momento. El hecho de que no podemos lograr esto, así se pensaba, es una función de la imposibilidad de nuestro conocimiento sobre todas las variables, un problema técnico y no uno fundamental. Esto hizo que la creencia en *השגחת הבורא* sea más difícil. Pero con la introducción

hojas verde-amarillentas de un árbol de eucalipto plantado hace un siglo para marcar la línea de propiedad. De Broglie me dice que las hojas y la luz son una sola. No poéticamente -aunque también podría serlo- sino físicamente, son una.

Le tomó a la humanidad miles de años antes de que un Einstein descubriera que, por extraño que parezca, la materia es en realidad energía condensada. Podría tomarnos bastante tiempo mas descubrir que hay una no-cosa incluso mas esencial que la energía que forma la base de la energía. En palabras de John Archibald Wheeler, el prestigioso ex-presidente de la Sociedad Estadounidense de Física, profesor de Física en Princeton y a quien le fue otorgado el premio Einstein, detrás de toda existencia hay una idea, esa pequeña porción de información que da origen a la “cosa” de la materia.

De repente nos damos cuenta de que la subestructura de toda existencia es totalmente etérea, una idea, sabiduría. O en hebreo *emet* – una realidad absolutamente abarcativa. *Emet* es el último ladrillo a partir del cual todo lo que vemos y sentimos se construye. Del mismo modo que la subestructura secundaria de la materia es algo tan etéreo como la energía, de acuerdo con el fantástico enfoque de Einstein, la subestructura primaria de energía es incluso mas vaga. La existencia es la expresión de una idea, una conciencia eterna que se hace tangible. Nosotros somos la idea de D-s.

Si podemos descubrir esa idea, habremos determinado no solo la base de la unidad que subyace a toda existencia, sino, lo que es mucho mas importante, la fuente de esa unidad.

e dónde podría estar y la posibilidad (probabilidad) de que realmente podría estar ahí.

El famoso principio de la Incertidumbre de Heisenberg (podemos saber la posición o la velocidad de un electrón, pero no ambos al mismo tiempo) fue precursor de este enfoque. Si todo lo que podemos decir sobre algo es que existe como una probabilidad, entonces la materia misma no es tan sólida como creemos (Heisenberg incluso afirmaba que las partículas en realidad no tienen sustancia, sino solo forma matemática y por ello no tienen la cualidad de ser sino la posibilidad de ser o una tendencia a ser. [*Physics and Philosophy*, pág.60.]).

Cuando se consideraba que el universo era completamente predecible, como lo pensaron los científicos por miles de años, parecía no haber lugar para la Divina Providencia de D-s. Quizás D-s creó el mundo y luego lo abandonó. Actualmente, con el colapso de la del mundo científico de la certeza, ya no hay contradicción entre la ciencia y la providencia de D-s. Las leyes de la ciencia solo representan la gama de opciones que D-s normalmente utiliza para dirigir el mundo. Qué opción elige, es algo que no se puede predecir.

Ver **Apéndice E ii – Incertidumbre**, donde consideramos los tres niveles de incertidumbre.

d – Universo centrado por el observador

En el siglo XVII Earnest Young realizó un fascinante experimento de interferencia. Young envió una banda de luz a través de una primera pantalla que tenía dos rendijas sobre una segunda

pantalla, que mostró una serie de bandas claras y oscuras. Las bandas oscuras muestran el espacio en el que dos bandas de entretejido claro se interfieren una con la otra, llegando a la pantalla en tiempos diferentes. Las bandas claras mostraron exactamente lo contrario. Esto solo puede ocurrir si dos rayos de luz entran a través de la misma rendija simultáneamente. Pero los mismos resultados se obtienen incluso cuando la luz se envía a razón de un fotón por vez. ¡La única explicación para esto es que cada fotón debe entrar a través de las dos rendijas al mismo tiempo!

Resulta aún más sorprendente que si alguien intentase medir por cuál de las rendijas ingresó el fotón, este indicaría haber salido por cualquiera de las dos. De alguna manera, la medición de la rendija hace que el fotón salga esa misma rendija. Esto llevó a que los científicos se den cuenta de que la observación en realidad ocasiona un cambio en la materia.

Muchos científicos afirman que es la mente misma la que produce este cambio. Esto no solo allanó el camino a la creencia en la libertad de elección, un principio fundamental en el judaísmo, sino también a la idea de que nuestras elecciones dan forma al universo, una idea muy judía. La frase “universo centrado por el observador” fue acuñada.¹

¹ Filiz Peach cita al eminente físico David Deutsch en *Philosophy Now* (diciembre2000/enero2001):

Los argumentos de que los humanos *no* tienen un rol fundamental en el esquema de las cosas, que solían ser una verdad evidente en sí misma, se han desvanecido. Es decir, ya no es cierto que los seres humanos están necesariamente destinados a un efecto insignificante en los eventos físicos, porque existe la posibilidad de que los humanos se expandan y colonicen la galaxia. Si lo hacen, necesariamente tendrán que afectar su constitución física de alguna manera. Ya no es cierto que las cantidades fundamentales de la naturaleza – fuerzas, energías, presiones- son independientes de todo lo que los humanos hagan, porque la creación del conocimiento (o la ‘adaptación’ o la ‘evolución’, etc.) ahora debe ser entendida como uno de los procesos fundamentales de la naturaleza; es decir que son fundamentales en el sentido de que uno necesita entenderlos para entender el universo

e – Teoría de la Evolución Interrumpida

Stephen Jay Gould y Niles Eldridge desarrollaron esta teoría, mas conocida como la Teoría de los Equilibrios Interrumpidos, para explicar el hecho de que luego de un siglo de búsqueda, el registro del fósil perdido aún no había sido encontrado. Aunque ellos afirman que son evolucionistas acérrimos, no hay duda de que su enfoque, desarrollado solo en los últimos 30 años, sigue el camino del comienzo de la reconciliación entre el judaísmo y la evolución¹. Ellos concluyeron que el registro del fósil perdido no existe. Las especies no se desarrollaron gradualmente sino que luego de períodos de rápido desarrollo emergió la relatividad repentinamente.

f - Microbiología

La evolución dependía de la creencia en que los cambios emergen gradualmente y cada cambio intermedio a la vez era funcional. Esta creencia estaba ligada al entendimiento de que los organismos eran relativamente simples. Pero el campo relativamente nuevo de la microbiología demostró que cada organismo, en realidad cada parte de cada organismo, es enormemente complejo. Asimismo, es irreduciblemente complejo, es decir, ninguna parte de esa complejidad puede ser eliminada para que este mecanismo continúe funcionando. Esto no tiene en cuenta el concepto de formas intermedias y

de manera fundamental. Por lo tanto, de esta manera y de otras, las cantidades ‘humanas’ - consideraciones humanas, asuntos humanos, etc-son fundamentales después de todo.

¹ Ver **Evolución: Capítulo D** i para un estudio más exhaustivo.

apunta fuertemente en dirección a los Diseños.²

g - Arqueología

Las costumbres, pueblos, etc. descriptos en la Biblia, corresponden exactamente a aquellos que existieron en los tiempos establecidos en la Biblia. Además, esos pueblos y costumbres no existieron en el momento en el que importantes teorías críticas afirman que varias partes de la Biblia fueron escritas. Los denominados autores de la Biblia tampoco podrían, sin la ayuda de la tecnología moderna, haber sabido sobre esas costumbres con tanta profundidad.

h – Supersimetría³

Hay cuatro fuerzas básicas en el universo -la fuerte y la débil, la gravedad y el electromagnetismo. Tres de ellas operan a un nivel subatómico, mientras que la cuarta, la gravedad, opera a un nivel macroatómico. Muchos físicos consideran que su mayor desafío hoy consiste en combinar estas cuatro fuerzas en una. Creen que, hasta poco antes del Big Bang, esas cuatro fuerzas eran en realidad una sola y que luego se dividió hasta llegar a su estado actual.

No había ninguna evidencia científica ni una razón intrínseca para que los científicos creyeran que el mundo debería estar compuesto de una sola fuerza en lugar de cuatro. Sin embargo, la prosecución de este proyecto ha involucrado a decenas de miles de científicos durante décadas, a un costo de miles de millones de dólares. La

² Ver **Evolución Capítulo B y Apéndices A-M** para un estudio más detallado.

³ רמב"ן בראשית א: א – וכבר נודע כי היסודות הארבע הם אחת

explicación de esta búsqueda reside en que los científicos “creen” que en última instancia el mundo es un lugar de gran unidad. Esta es una creencia básicamente religiosa. Los científicos también creen que cuanto mas simple o más hermosa sea una teoría (desde un punto de vista matemático), más verdadera demostrará ser¹.

Así, los científicos han logrado combinar la fuerza electromagnética con la fuerza débil (llamada fuerza electrodébil) y poseen la matemática básica para demostrar que éstas al mismo tiempo se combinan con la fuerza fuerte (llamada GTU – Gran Teoría Unificada). Ahora están trabajando para demostrar que esas tres fuerzas están combinadas con la gravedad. A esto lo denominan TDT – Teoría del Todo. Algunos consideran que esta es la última gran frontera en la ciencia². Todo esto apoya la idea de Un D-s como fuerza unificadora detrás de toda realidad. (Esto estaba absolutamente en contra de la idea evolucionista de un mundo de conflictos de posibilidades).

Timothy Ferris (autor de *The Red Limit - The Search for the Edge of the Universe*, Bantam, 1981) escribió, produjo y narró un especial de PBS: “La Creación del Universo”: La búsqueda de una teoría de campo unificada y la posibilidad de encontrarla “dan testimonio del triunfo de la vieja idea de que toda creación puede estar regida por un solo y elegante principio.”

Ferris dice: “La religión y la ciencia a veces se presentan como si fueran adversarios, pero la ciencia le debe mucho a la religión. La ciencia moderna comenzó con el descubrimiento, en el Renacimiento, de la antigua idea griega de que la naturaleza es racionalmente inteligible. Pero desde el principio la

ciencia incorporó la idea, igualmente importante, de que el universo realmente es un universo, un sistema simple regido por un conjunto de leyes simples. Y la ciencia adquirió esa idea de la creencia en un solo Dios...

“Los fundadores de la ciencia moderna – Kepler y Copérnico, Isaac Newton e incluso Galileo, por todos los problemas que tuvo con la Iglesia – eran hombres profundamente religiosos.

“No estoy diciendo que hay que creer en Dios para hacer ciencia, ateos y agnósticos han ganado Premios Nobel, al igual que cristianos, judíos, hindúes, musulmanes y budistas. Pero la investigación científica moderna, especialmente la de la teoría unificada, da testimonio del triunfo de la antigua idea de que toda creación puede estar regida por un solo y elegante principio.” (Programa especial sobre la ciencia de PBS: “La creación del Universo”).

i – Teoría de la Relatividad

La teoría de la Relatividad de Einstein demostró que el tiempo y el espacio existen conjuntamente como las cuatro dimensiones tiempo-espacio (tres dimensiones del tiempo y una del espacio).

La medida del tiempo, al igual que la del espacio, ahora eran relativas a la posición y a la velocidad de la persona que las está midiendo. Dos cosas hicieron mas lento al tiempo – la gravedad y la velocidad (momento). Cuanto mayor era la gravedad ejercida sobre una alguien, mas lento se hacía el tiempo. Del mismo modo, cuanto más rápido se movía una persona, más lento se hacía el tiempo (medido por esa persona).

El judaísmo, a contramano de la sabiduría aceptada durante siglos, sostenía que el tiempo era una entidad creada y que por lo tanto no era un valor absoluto. El acuerdo de la ciencia, por fin, con este antiguo concepto implicaba que las cuestiones que tenían la edad del universo

¹ Ver el punto E mas abajo donde hablamos de estas creencias de los científicos en detalle.

² Ver el **Apéndice B v** donde estudiamos en detalle el intento de combinar las cuatro fuerzas.

ahora resultaban mucho mas fáciles de resolver.¹

j – Reconocimiento de Limitaciones

La mayoría de los científicos reconoce que la física cuántica que emergió a comienzos de siglo no es completamente comprensible para la mente humana. (Esto no implica que los científicos no crean que pueden descubrir todos los secretos del universo, sino que lo que ellos ya “saben” que es cierto no puede ser absolutamente comprendido por los humanos).

El famoso físico Richard Feynman dice al respecto:

“No continúen diciéndose a ustedes mismos, si pueden evitarlo, ‘¿Cómo es posible que eso sea así?’ porque van a terminar en un callejón del que nadie ha podido escapar todavía. ¡Nadie sabe cómo es posible que eso sea así!”²

k – El Principio Antrópico

El principio antrópico significa que el mundo muestra rastros de diseño, e implica que hubo un Diseñador. Fue solo en las últimas décadas que resultó evidente que el universo está preparado con exactitud para albergar la vida como la conocemos. Un pequeño cambio en cualquiera de las condiciones habría ocasionado que la vida sea insostenible. Lo que hace que este argumento sea tan impresionante es la acumulación de todas las variables que existen allí, en la proporción exactamente necesaria; la falta de cualquiera de ellas habría hecho que la vida sea imposible.

Esto ha llevado a muchos científicos a afirmar que el mundo fue “diseñado” para la vida (por ejemplo, Ernest Sternglass),

¹ Ver **Apéndice F** para una descripción detallada de la relatividad.

² (En Heinz Pagels, *The Cosmic Code*)

incluso si se cuidan para no decir que D-s estaba detrás de ese diseño.

Esto incluye los niveles de energía del átomo de carbono; la velocidad a la que se expande el universo; las cuatro dimensiones del espacio-tiempo, la naturaleza del agua, el carbono, el ADN, las proteínas, e incluso la distancia exacta entre las estrellas de nuestra galaxia.

Por supuesto, estos argumentos no son una prueba absoluta de que D-s creó al mundo. Siempre podríamos decir que todo esto ocurrió por casualidad. De todos modos, a medida que emergen cada vez más condiciones, este argumento se hace más poderoso. Incluso los evolucionistas a ultranza se adhieren cada vez más al principio antrópico. Una de esas personas es Conway Morris, profesor de paleobiología evolutiva en la Universidad de Cambridge y uno de los más destacados evolucionistas en su campo. En su libro *The Crucible of Creation: The Burgess Shale and the Rise of Animals* (Oxford University Press, 1998), sostiene que si reprodujéramos la cinta de la vida desde el período cambriano, obtendríamos casi el mismo resultado que tenemos hoy. “Considero que es necesario sostener que dentro de ciertos límites el resultado del proceso evolutivo podría ser bastante predecible”. ¡Y esto es así para una teoría que comenzó señalando que todo es una función de eventos aleatorios que suceden al azar!

Una variación del principio antrópico es el hecho de que el mundo es comprensible. El hecho de que hay leyes, de que éstas son como son, de que coinciden exactamente con la matemática abstracta - todas estas cuestiones no pueden ser explicadas por la ciencia. Preceden a la ciencia y permiten que ella exista; exigen una explicación independiente.

Pero al final, la cuestión no es si podemos lograr una explicación científica para lo que sucedió. El hecho de que todos

estos factores son tan precisos y perfectos para el mundo que necesitamos, respalda el hecho de que este fue un evento planeado y guiado; el hecho de que este plan siguió principios, hasta cierto punto inteligibles, solo se puede esperar de la forma en que sabemos que el Todopoderoso hizo Su mundo.

Hay otras ideas ligadas al principio antrópico. En *The Cosmic Blueprint*, Paul Davies escribe:

“El universo nunca ha dejado de ser creativo. Los cosmólogos ahora creen que inmediatamente después del Big Bang el universo se encontraba en un estado esencialmente monótono, y que toda la estructura y la complejidad que vemos hoy de alguna forma emergió más tarde. Evidentemente los procesos físicos existen y pueden transformar a un espacio vacío -o algo parecido- en estrellas, planetas, cristales, nubes y personas.

“¿Cuál es la fuente de este poder sorprendente?...

“Existen principios auto-organizativos en todas las ramas de la ciencia...

“Muchos científicos rechazarían la idea de un plan cósmico y la considerarían demasiado mística porque implica que el universo tiene un objetivo y es el producto de un diseñador metafísico. Estas creencias han sido tabúes entre los científicos durante mucho tiempo. Quizás la unidad aparente del universo es meramente una proyección antropocéntrica. O tal vez el universo se comporta como si estuviera implementando el diseño de un plan, pero ¿de todos modos continúa avanzando en conformidad ciega con leyes sin sentido?” (págs. 1-8).

Asimismo hay otros componentes que han sido ajustados con exactitud y que no pueden ser explicados por ningún modelo. Por ejemplo “si la gravedad fuese ligeramente más fuerte, las estrellas se quemarían en su combustible nuclear en menos de un año, la vida nunca evolucionaría ni mucho menos lograría

establecerse. Si la fuerza fuerte que sostiene el núcleo todo junto hubiese sido levemente más débil, las estrellas no se habrían formado nunca. Hasta ahora ninguna teoría está si quiera cerca de explicar por qué las leyes físicas existen, ni mucho menos por qué tienen la forma que tienen. La teoría estándar del Big Bang explica el universo favorable de esta manera: “Y bueno, tuvimos suerte” (*U.S. News & World Report*, 20 de julio de 1998).

Por supuesto, no es posible probar que D-s creó el mundo sin dudar. Siempre es posible producir una teoría que, no importa cuán extraña sea, aparentemente justifique el fenómeno que se presenta. La cuestión no es si resulta posible explicar el fenómeno de una forma que excluya a D-s, sino cuál es la explicación mas probable. En el siguiente artículo se presentó este escenario:

“Sin embargo, existe una forma en la que los procesos físicos exclusivamente aleatorios podrían haber dado como resultado el simpático firmamento actual. Si los universos se crearan todo el tiempo, esto mejoraría enormemente la perspectiva estadística de que un firmamento como el nuestro nazca. Esta es la idea de “multiverso” y rápidamente está ganando apoyo dentro de la comunidad científica”.

“La noción de multiverso surge de esta forma: supongamos que es cierto que los agujeros negros son lo que vino antes del Big Bang. Como nuestro universo tiene agujeros negros ¿no podrían algunos de ellos generar nuevos firmamentos en otras dimensiones? El resultado podría ser una estructura cósmica muy abarcativa, mucho más grande de lo que podemos ver – un multiverso”.

En un pasado muy remoto... reinaba la posibilidad, y nacieron muchos cielos con leyes físicas que eran adversas a la vida: colapsaron sobre sí mismos o se transformaron en vapor y nunca se supo mas sobre ellos. Pero aquellos universos que nacieron con leyes físicas que nos

resultan familiares fueron los que también podían crear agujeros negros: esto les permitió disparar universos “hijos”. Con el tiempo, resultó un multiverso fantásticamente grande y complejo, con un cosmos en el que la mayoría de las partes tenían leyes físicas que permitían un funcionamiento de selección de vida natural en una escala cósmica”.

“Pero... por el momento no hay evidencia de que existan otros universos o dimensiones”.

El artículo aporta varias explicaciones alternativas, todas ellas igualmente especulativas¹.

I – Científicos religiosos

Newton era una persona intensamente religiosa. Sin embargo, después de su época, ser un científico religioso pasó a ser extraordinariamente impopular. Darwin, en particular, acabó con esta tendencia al finalizar el siglo XIX. Pero la mayoría de los grandes físicos del siglo XX creían en D-s y existe una gran conciencia entre casi todos los científicos (excepto en el caso de algunos evolucionistas notables como Richard Dawkins y Stephen J Gould) de que la ciencia y la religión no se excluyen.

Ver Apéndice G I donde se incluye una lista de importantes científicos del siglo XX y de sus creencias religiosas.

(Cabe mencionar, sin embargo, que el tipo de creencia en D-s que muchos científicos tienen o tenían suele ser bastante inmadura)

Recientemente ha habido un gran movimiento en Estados Unidos orientado a reconciliar la ciencia con la religión. En 1999 *Newsweek*, *Time*, *U.S. News* y *World Report* publicaron artículos

¹ (Ver el Apéndice A - **El Big Bang v-¿Qué pasó antes del Big Bang?** para ampliar este tema. Ver el Libro **Pruebas** para un abordaje profundo del principio antrópico.

promoviendo la nueva reconciliación. (*Newsweek* publicó el titular *La Ciencia Encuentra D-s*) en su tapa. La educación superior de Estados Unidos ahora cuenta con 1.000 carreras que otorgan créditos en el área de la ciencia y la fe. La Fundación Templeton ha patrocinado muchas conferencias y cursos en la materia.²

ii-Vivir la contradicción

Si bien las contradicciones entre el judaísmo y la ciencia están disminuyendo, aún subsisten algunas. Sin embargo, no tenemos que sentir la necesidad de resolver estos problemas de inmediato. La ciencia está en constante progreso, las teorías cambian todo el tiempo. Por eso podemos esperar con la expectativa de que en el futuro la ciencia continúe acercándose más al judaísmo como lo ha venido haciendo hasta ahora y que las contradicciones restantes se resuelvan. Por el momento, no es un problema vivir con la contradicción.

iii – La ciencia alberga contradicciones

Son los mismos científicos los que entienden este enfoque. Existen muchas contradicciones dentro de la ciencia, pero los científicos son capaces de vivir con ellas³:

² Revista *Scientific American*, septiembre, 1999, pág. 79.

³ Filiz Peach escribió el siguiente artículo en *Philosophy Now*, diciembre 2000/enero 2001, (David Deutsch):

El progreso haría mejor si glorificara los problemas en lugar de las teorías. Los problemas son inherentemente maravillosos; las soluciones son tan solo útiles. Incluso a veces digo, no completamente en broma, que las teorías deberían ser renombradas con el título de “concepciones erróneas”, y que el progreso consiste en trasladarse

Esto se expresa de tres formas:

- a) Los científicos utilizan teorías contradictorias sabiendo que no es posible que ambas sean ciertas en su forma actual.
- b) Los científicos conviven con teorías que compiten por el mismo fenómeno.
- c) En general los científicos aceptan que la ciencia está en progreso constante y no en su forma final.

a – Teorías contradictorias

Un ejemplo de esto lo encontramos en la **Teoría de la Relatividad** y en la **Teoría de la Física Cuántica**. Estos son dos grandes pilares sobre los que descansa la física hoy. La relatividad aborda el mundo a un nivel macro e incluye la teoría la teoría de la gravedad; la física cuántica estudia el micro mundo, el mundo subatómico. Estas dos teorías contradicen una a la otra - en su forma actual ambas no pueden ser verdad¹. Sin embargo, al considerarlas por separado, los científicos

de una concepción errónea hacia otra mas aceptable. Es decir, de una que contiene una importante cantidad de falsedad a otra que tiene bastante menos.

¹ La teoría cuántica radicaliza nuestras concepciones sobre la relación entre el observador y lo observado pero en buena medida participa de las ideas de Newton sobre el espacio y el tiempo. La relatividad general cambia nuestras nociones del espacio y del tiempo pero acepta el concepto newtoniano de observador y observado. Esta situación es inaceptable para muchos físicos, y ha comenzado la búsqueda de una teoría unificadora de la gravedad cuántica, a veces denominada Teoría del Todo. La idea es que todo, el espacio y el tiempo, al igual que la materia y la energía, aparece en unidades cuánticas indivisibles y que las relaciones, más que las cosas, son los elementos fundamentales de la realidad.

sí estudian cada una de ellas como si fuesen absolutamente ciertas.

Para una explicación de por qué la teoría cuántica y la relatividad se contradicen, ver **Apéndice I ii**.

b – Teorías que compiten

Muchas áreas de la ciencia no solo tienen dos, sino muchas veces diez o quince teorías que compiten. Cada una de ellas es aceptada por algunos científicos y no por otros. Algunas de esas cientos de áreas que existen son:

1 – Los rollos del mar muerto

Poco después del descubrimiento de los Rollos del Mar Muerto había diez teorías sobre quién los había escrito, en qué condiciones y por qué. Algunos dicen que los escribieron los Esenios; esto encuentra fundamento en una fortaleza cercana que ellos ocupaban y en otras pruebas. Otros ponen esto en tela de juicio. Incluso entre los que aceptan que fueron los Esenios, hay una disputa sobre quiénes eran. ¿Eran precursores de los cristianos, al menos ideológicamente, o eran simplemente una secta que desapareció?

2 – Materia oscura

Hay muchos indicadores de que el universo podría tener mucha más materia de la que podemos ver. Quizás el 90% del universo es invisible o es materia oscura. Algunos dicen que la materia perdida está compuesta de neutrinos ya que estos tienen una masa liviana. (Experimentos recientes realizados en Japón indican que realmente la tienen). Otros dicen que la masa perdida no es masa en absoluto, sino una quinta fuerza que todavía debe ser identificada. Abundan muchas otras teorías.

3 – Conciencia

Los científicos no saben qué es lo que causa la conciencia. Algunos están convencidos de que en última instancia encontraremos una explicación reduccionista. Otros dicen que la solución se encuentra en el entendimiento no lineal y complejo de los fenómenos y que será explicada a través del campo emergente de la teoría del caos.

4 – La última fuerza

En el intento de combinar las cuatro fuerzas en una, hay numerosas explicaciones sobre qué es esa última fuerza y cómo se expresaría la materia dentro de ella. Algunos dicen que la materia se expresa en forma de cadenas de energía (hay quienes creen que estas son supercadenas); otros afirman que la unidad básica no es materia ni tampoco una fuerza en el sentido usual del término; es una ley básica de simetrías que determinan cómo se expresa el mundo.

5 – Superconductividad

La superconductividad ocurre cuando una corriente eléctrica atraviesa casi sin resistencia una sustancia. Tradicionalmente estas sustancias tenían que ser muy frías, incluso por debajo del congelamiento para que la superconductividad tuviese lugar. Pero luego la superconductividad fue encontrada en ciertas cerámicas a temperaturas mucho mayores. La manera tradicional de explicar por qué ocurría la superconductividad consistía en que a bajas temperaturas los electrones que se encontraban dentro de la sustancia se alineaban en filas rectas, pero esta explicación no daba cuenta de la superconductividad a temperaturas mayores y tuvo que ser abandonada.

6 – Los pájaros provienen de los dinosaurios

Los científicos mantienen una disputa respecto del origen de los dinosaurios. La mayoría de los paleontólogos creen que los pájaros derivaron de los dinosaurios. Pero una minoría vociferante confronta esta posición y tiene sus propias pruebas. (Ver **Evolución**).

7 – El Modelo Estándar

El Modelo Estándar de la Materia, la teoría aceptada sobre la manera en que la materia y las fuerzas operan en el mundo, predice que la materia y la antimateria deberían operar del mismo modo. Pero el hecho de que todo lo que podemos ver en el universo, incluidas las estrellas y los asteroides, está compuesto de materia y no de antimateria es un indicio fundamental de que no todo está bien en el Modelo Estándar.

Por otro lado, los físicos no entienden el mecanismo que determina los 18 parámetros del modelo. Para que la teoría describa el mundo tal como lo conocemos, algunos de esos parámetros deben estar muy bien pulidos y nadie sabe por qué deberían aplicarse esos valores. Fundamentalmente, no entendemos por qué el modelo describe la naturaleza. Por ejemplo ¿por qué debería haber exactamente tres generaciones de leptones y quarks y no más ni menos? Por último, los aspectos de la teoría que tratan sobre la partícula Higgs aún no han sido testados. (*Scientific American*, Octubre 1998, pág. 50-51).

Todo esto significa que el Modelo Estándar deberá ser perfeccionado significativamente o reformulado por completo. Hasta que esto suceda, este modelo, con todas sus imperfecciones, seguirá siendo utilizado. Por el momento es la mejor teoría del mercado.

c-La ciencia está en constante evolución

“Hace dos años yo habría dicho que esto es una tontería” dijo el biólogo molecular Raul Cano al enterarse de que paleontólogos de Montana están trabajando para analizar el ADN de células de sangre encontradas en un fósil de *tyrannosaurus*. (*Newsweek* 12 julio de 1993.)

Hace unas tres décadas, los astrónomos descubrieron la materia oscura. Pero no entendieron, y hasta el día hoy no entienden, si la materia oscura fue distribuida del mismo modo que las estrellas y las galaxias. No tenían pistas sobre la ubicación de la mayoría del universo. Luego decidieron que gran parte de la materia oscura no había existido después de todo. Lo que en realidad estaban viendo era energía oscura. Incluso admitían que no tenían idea sobre la composición de la energía oscura. Una parte podría ser materia común, como las rocas y las estrellas muertas. Pero la mayoría debe ser algo más exótico, quizás restos de partículas elementales del Big Bang. Hay suficientes razones para creer que lo que se propone como realidad, la materia oscura, se entiende tan poco que un día todo eso podría resultar ser un gran error.

Muchas de las propuestas que formulan los científicos no tienen suficientes pruebas para darles el estatus de teorías. Entonces, estas se denominan modelos. Por ejemplo, el Modelo Estándar describe cómo está compuesta la materia y cuáles son las fuerzas que la combinan. La mayoría de los científicos utiliza el Modelo Estándar como si ya estuviese probado. De hecho, mucho de lo que han descubierto ha confirmado el Modelo Estándar. Pero aceptan la posibilidad de que un día podría ser suplantado.

Dennis Flanagan, un ex director de la revista *Scientific American*, dice lo siguiente al describir el desdoblamiento del universo: “Mi justificación, sin embargo, no difiere de lo que los

científicos creen que probablemente es cierto. De todos modos, lo probablemente cierto quizás no sea lo mismo de lo que probablemente sea cierto mañana. El cuento también evoluciona. (*Flanagan's Version*, pág. 67).

Los científicos tienen muchas preguntas fundamentales sobre la naturaleza de la ciencia. ¿Ellos inventan el mundo o lo descubren? ¿Cuál es el fundamento del extraordinario éxito de las matemáticas como lenguaje de invención o descubrimiento? ¿La naturaleza realmente tiene patrones de orden -un fondo simple y firme sin más escalones que bajen- o acaso es una casa interminable de espejos, un laberinto multidimensional de ilusiones y decepciones propias? ¿Qué es la realidad? ¿Existe tal cosa? ¿Cómo llega uno de las simetrías de las partículas atómicas al desorden del mundo; de las ecuaciones inflexibles a la diversidad de la selva tropical?

Muchos físicos de fines del siglo XX esperaban encontrar un patrón de orden matemático que muestre una realidad tan evidente en si misma que D-s no habría tenido opción al hacer el universo. En el primer instante del Big Bang todo era simetría, una magnífica perfección escondida. Durante el enfriamiento del universo, después de la primera explosión, las simetrías se rompieron dando como resultado un caos aparente de partículas y fuerzas.

Como afirma George Johnson (en su biografía de Murray Gell-Mann): “Pero cuando los experimentos requirieron tantas capas de interpretación ¿cómo podían saber los físicos cuándo estaban leyendo demasiado entre líneas, viendo lo que sus cerebros estaban preparados para ver, cual pintura en las nubes? ¿Eran realmente descubrimientos o acaso eran inventos? Cualquiera sea la inclinación filosófica de una persona, dice Johnson, no es difícil sentirse intimidado por lo que lograron Gell-Mann y sus colegas, el llamado

Modelo Estándar que describe las partículas y las fuerzas de la naturaleza. Ya sea descubrimiento o invención, fue una gran obra de arte”.

Muchas cosas que los científicos no saben:

Todas las teorías que compiten descritas en el punto **b**, lo hacen solo porque los científicos no han logrado una comprensión cabal de estas áreas.

La ciencia aplicada, la que nos proporciona sus beneficios prácticos, también sufre en muchas áreas donde está actualmente estancada o con escasos avances:

“Por ejemplo, en un tiempo parecía inevitable que los conocimientos de los físicos sobre fusión nuclear -que nos dieron la bomba de hidrógeno- también nos proveerían una fuente de energía limpia, económica e inagotable. Durante décadas, los investigadores de la fusión han dicho: ‘Sigan enviándonos dinero y dentro de veinte años les daremos energía demasiado barata como para ponerle un medidor’. [Pero] incluso los investigadores más optimistas predicen hoy que tomará al menos 50 años construir reactores de fusión económicamente viables. Los realistas reconocen que la fusión de energía es un sueño que podría no concretarse nunca: Los obstáculos técnicos, económicos y políticos son simplemente demasiado grandes de atravesar.

“En el terreno de la biología ... [tenemos el problema del] cáncer. Desde que el presidente Nixon declaró oficialmente la “guerra contra el cáncer” en 1971, Estados Unidos ha gastado alrededor de U\$S 30 mil millones en investigación, pero los índices de mortalidad por cáncer han aumentado 6 % desde entonces.

Los tratamientos también han cambiado muy poco. Los médicos quitan el cáncer con cirugías, lo envenenan con

quimioterapia y lo queman con radiaciones. Quizás algún día toda nuestra investigación sobre el cáncer de como resultado una “cura” que transforme a esta enfermedad en algo tan obsoleto como la viruela. Quizás no. Tal vez el cáncer –y por ende, la mortandad- es simplemente un problema demasiado complejo de resolver”.(In *The End of Science*, John Horgan, pág. 274, Broadway Books, 1996)

“Una de las áreas de investigación mas complejas actualmente es la ciencia de la mente, específicamente cómo funciona la conciencia: ‘La ciencia de la mente se ha tornado, en algunos aspectos, mucho mas empírica y menos especulativa ... [Sin embargo] la razón por la que los psicólogos, filósofos y otros continúan estableciendo prolongados debates sobre la obra de Freud reside en que no ha surgido ninguna otra teoría o terapia para la mente incuestionablemente superior, ya sea psicológica o farmacológica, que pueda desplazar al psicoanálisis definitivamente.’” (Ibíd., pág. 275)¹

¹ Scientific American, diciembre 1999, Explorando nuestro universo y el de otros, Martin Reese, pág 44.

Preguntas sin responder

¿Por qué el universo contiene su observada mezcla de ingredientes? ¿Y de qué manera, desde sus densos comienzos, le dio forma a su gran tamaño? Las respuestas nos llevarán más allá de la física con la que estamos familiarizados y requerirán nuevos enfoques sobre la naturaleza del espacio y del tiempo. Para entender claramente la historia del universo, los científicos deben descubrir las profundas relaciones que existen entre el terreno cósmico de lo muy grande y el mundo cuántico de lo muy pequeño. *Materia perdida – Expansión.*

Es lamentable admitirlo, pero los astrónomos aún no saben de qué está hecho nuestro universo. El gran volumen de materia es oscuro y no se ha podido explicar. Los astrónomos tampoco conocen con seguridad cuánta materia oscura hay. El destino último de nuestro universo –si continúa expandiéndose indefinidamente o si cambia de curso y colapsa en el denominado momento crítico- depende de la cantidad total de materia oscura y de la gravedad que esta emplea. Datos actuales indican que el universo contiene cerca de 30 por ciento de materia que sería necesaria para detener la expansión. (En la jerga de los cosmólogos,

Ver **Capítulo D viii** para una lista mas extensa sobre las cuestiones que el científico no sabe.

iv-El peligro de tratar de explicar el חומש de acuerdo con la física contemporánea

omega, la relación entre la densidad observada y la densidad crítica, es 0.3). Las probabilidades que favorecen el crecimiento perpetuo han aumentado más recientemente: Observaciones tentadoras de supernovas distantes sugieren que la expansión del universo parece estar acelerándose y no reduciéndose. Algunos astrónomos dicen que las observaciones son pruebas de la gravedad a escalas cósmicas y fuerzas extra repelentes que la cubren completamente— lo que Albert Einstein denominó constantes cosmológicas. El jurado aún no ha emitido una decisión respecto de este tema, pero si se confirma la existencia de la fuerza repelente, los físicos aprenderán algo radicalmente nuevo sobre la energía latente en el espacio vacío.

4 fuerzas –primer segundo del Big Bang

El gran misterio para los cosmólogos es la serie de eventos que se sucedieron en menos de un milisegundo después del Big Bang, cuando el universo era extraordinariamente pequeño, caliente y denso. El calor feroz dentro de las estrellas, y en el temprano universo, garantiza que todo se fragmenta en sus componentes mas simples Sin embargo, las leyes de la física con las cuales estamos familiarizados ofrecen poca orientación lo suficientemente firme como para explicar qué ocurrió durante este período crítico.

Para develar este misterio, los cosmólogos deben primeramente precisar, mejorando y afinando las observaciones actuales, algunas de las características del universo cuando tenía solo un segundo de edad : la velocidad de su expansión, el tamaño de sus fluctuaciones de densidad, y las proporciones de átomos ordinarios, materia oscura y radiación. Pero para comprender por qué nuestro universo fue establecido de esa forma, debemos investigar más atrás en el tiempo, hasta la primer fracción de un microsegundo. Un esfuerzo tal requiere de avances teóricos. Los físicos deben descubrir una forma de relacionar la teoría de la relatividad general de Einstein, que rige las interacciones a gran escala en el cosmos, con los principios cuánticos que se aplican a distancias muy cortas. Se necesitaría una teoría unificada para explicar qué pasó en el primer momento crucial (big crunch) después del Big Bang, cuando el mundo entero estaba comprimido en un espacio más pequeño que el de un solo átomo.

Hubo Sabios en el pasado que interpretaban el חומש, utilizando el conocimiento contemporáneo de su época. (Por ejemplo, el תהו - מורה נבוכים, en términos de cuatro elementos de la filosofía aristotélica).

Uno podría estar tentado a hacer esto hoy, por ejemplo describir יומא נג נד, que habla del comienzo del mundo, en términos del Big Bang. El peligro es que, dado que la ciencia cambia constantemente, cualquier interpretación de este tipo podría quedar desactualizada. Por lo tanto, aunque uno podría utilizar terminología contemporánea al traducir el חומש (por ejemplo תהו = sopa cósmica), hay que tener cuidado de no reducir el חומש a una explicación científica contemporánea. La historia de בראשית no fue descrita en terminología científica por que la תורה no es un manual científico sino que nos enseña a llevar adelante nuestras vidas morales y espirituales. Esto no implica que la תורה sea inconsistente con el mundo físico y hasta cierto punto tampoco se puede entender a ese nivel, pero ese no es el mensaje fundamental de la תורה. Además, la תורה debe ser entendida en varios niveles simultáneamente (פרדס), algo que la terminología científica no podría albergar. Pero existen otras razones por las que la תורה no fue escrita en forma de manual científico. Si hubiese sido escrita en el lenguaje de la física contemporánea, habríamos tenido que esperar hasta el siglo XX para entenderla, y sólo el físico podría realmente apreciar lo que allí se dice. Mas importante aún es el hecho de que incluso esto habría estado mal, porque la ciencia seguramente cambiará su visión en muchas áreas con el correr del tiempo. Existen paralelismos obvios entre el judaísmo y la ciencia como hemos visto¹.

¹ David Hazony en *Azure*, Otoño de 1999 dijo lo siguiente:

En primer lugar tenemos el problema de emplear la ciencia para entender la Biblia. Los campos de la denominada ciencia “dura” son tan variados en su

metodología y en sus estándares como lo son en sus objetos, y si bien se espera que la gran mayoría de los científicos pasen sus carreras al resguardo paradigmático de las teorías dominantes en sus respectivos campos, esto no significa que alguien que mire desde afuera deba necesariamente tomar estas teorías con seriedad, en tanto podrían tener intrínsecos las creencias o valores del científico. En palabras más simples: como hombre común, hay muchas más posibilidades de que yo altere mi comportamiento en base a los últimos desarrollos de la oncología que los de la paleontología. Los primeros, que no son para nada infalibles, están basados en un gran cuerpo de experimentación corroborada, y han sido expuestos a la prueba de la experimentación práctica; los últimos se fundamentan en evidencias tan escasas, conjeturas e hipótesis tan fundamentalmente inestables que ningún pensador serio dejaría sus creencias religiosas a la gracia de estos desarrollos. ¿Cuándo, por ejemplo, fue la última vez que Ud. se encontró con un brontosauro? Una corta visita a la sección infantil de una librería local revelará que la totalidad de los dinosaurios con los cuales la mayoría de nosotros creció conociendo y queriendo han sufrido recientemente una nueva extinción: Olvidados han quedado los estegosaurios, los dimetrodones y los petrodaciles sobre los cuales se construyó toda una generación de museos, juguetes e imágenes de libro. Como un asteroide gigante chocando contra la tierra, las obras nuevas y radicales tales como *The Dinosaur Heresies* de Robert T. Bakker escrita en 1986 han logrado cambiar el paradigma más famoso de la paleontología: Se ha descubierto que, al parecer, los dinosaurios en realidad nunca fueron reptiles lentos, estúpidos, de sangre fría como hasta ahora se los mostraba. Eran ágiles, inteligentes, de sangre caliente y parecidos a los pájaros; probablemente se parecían mucho más a los velociraptors de Spielberg que a cualquier otra cosa. El brontosauro confiable, tímido, al ser suplantado por el “apatosauro” ya no es un monstruo temible que deambulaba en manadas, sino que era lo suficientemente atlético como para poder nadar, podía derrotar a sus enemigos parándose en sus dos patas traseras y sacudir completamente su cuerpo de treinta y tres toneladas sobre su adversario o azotarlo con su cola de 50 pies de largo.

Lo que es cierto para la estabilidad de la paleontología también lo es cuando observamos el cosmos cuyas pequeñas pruebas básicas están mucho menos a la mano que los fósiles. Las hipótesis sobre el origen del universo con frecuencia emplean suposiciones que no están probadas o no son probables como bloques básicos de construcción teórica. Resulta significativo que el Big Bang es notoriamente inestable: Como dijo el

cosmólogo P. James E. Peebles (junto con algunos de sus colegas) en la edición de Marzo de 1998 de *Scientific American*, el Big Bang, si bien todavía no corre un riesgo serio de ser reemplazado por una teoría que compita con esta, está asediado por “cuestiones básicas sin resolver” (tales como la formación de las galaxias) y es probable que sea profundamente revisado dentro de las próximas décadas.

Nada de esto implica que los paleontólogos o los cosmólogos necesariamente sean malos científicos; considerando las preguntas que ellos se hacen y el tipo de información con el que tienen que trabajar las cosas difícilmente podrían ser diferentes. Lo que sí demuestra es que cualquiera que tome la Biblia seriamente como una fuente eterna de sabiduría no debería soñar con tratar de entenderla empleando las herramientas científicas actuales. Estas herramientas por necesidad conllevan la posibilidad de una revisión masiva cada cierta cantidad de años si es que los científicos están haciendo su trabajo correctamente...

La ciencia tampoco ha probado que todo eso sea útil al aplicarlo directamente a la tarea de la interpretación bíblica. Durante siglos, los científicos y los pseudo-científicos han ofrecido soluciones a problemas textuales de la Biblia, sin acercarnos en absoluto a un entendimiento de su significado. Ya sea que se trate del funcionamiento de un tipo por lo general bastante hostil de hipótesis documentales, o de esfuerzos más favorables para “correlacionar” la creación, la inundación o la partición del Mar Rojo con la cosmología, la paleontología y la arqueología, todos estos esfuerzos pierden de vista el punto central, eludiendo aquellas preguntas mucho más difíciles que conmueven el corazón del pensador religioso. ¿Cuál es el punto que la Biblia está intentado mostrar? ¿Cuáles son las implicancias espirituales o teológicas de estas historias? ¿Cuáles son las exigencias –de creencia o de acción– que la Biblia le hace a un hombre? En la ciencia, el pensador religioso nunca ha encontrado, y de hecho nunca puede encontrar, la clave para entender el texto.

Una lectura del texto que se burla de la cosmología siendo completamente literal ... es por lo tanto clara, simple y absurda: ¿Realmente esperan que creamos que el autor del Génesis elegiría comenzar la historia sobre la creación del mundo con una lección de cosmología de fines del siglo XX? ¿Acaso la imagen del autor (divina o no) no está componiendo una historia de la Creación que es absolutamente incomprensible para su audiencia, riéndose entre dientes mientras miles de académicos bíblicos tratan en vano de entender aquello que no es realmente comprensible, hasta que aparecen la paleontología la física de las

Por último, el científico como invitado... escribió: “La ciencia ha aceptado lo que la תורה ha expresado, por mas que haya parecido científicamente poco ortodoxo en cualquier era”.

El gran astrónomo Robert Jastrow: “está a punto de conquistar el pico mas alto, mientras se acerca a la roca final es recibido por un grupo de teólogos que han estado sentados allí durante siglos”. *G-d and the Astronomers*).

partículas , la relatividad y Edwin Hubble para revelar el verdadero sentido del texto – no es eso [extremadamente] improbable?

CAPÍTULO D: LAS LIMITACIONES DE LA CIENCIA

- i- Los enormes logros de la ciencia**
- ii- La arrogancia de la ciencia**
- iii- El mundo físico no tiene sentido sin el mundo espiritual**
- iv- Cada avance técnico trae nuevas cuestiones morales**
 - a - Clonación**
 - b – Recursos insuficientes**
- v- Los científicos no están calificados para abordar estos temas**
- vi-Imposibilidad de producir un sistema de vida ética**
 - a – Sin ética**
 - b – Visión del mundo inadecuada**
 - c – Sin control en la sociedad**
 - d – Empeoraron las cosas**
 - e – Sin sentimientos, objetivos o valores**
- vii- No se puede, ni si quiera en principio, lograr una comprensión total del conocimiento**
 - a – Indeterminación y Probabilidad**
 - b – Caos y Complejidad**
- viii-Límites Prácticos**
 - a - Conflicto entre la Teoría Cuántica y la Teoría de la Relatividad**
 - b – Materia Oscura**
 - c – La migración de los pájaros**
 - d – Dieta Anual**
 - e - Superconductividad**
 - f – La forma de la Vía Láctea**
 - g - ¿Cuántos elementos básicos pueden existir?**
 - h - ¿Cómo se mueve la tierra internamente?**
- ix-Límites Lógicos**
- x- En cierto punto el mundo físico es inaccesible**
- xi-La תורה debe iluminar**
- xii-Era mesiánica**

CAPÍTULO D: LAS LIMITACIONES DE LA CIENCIA

i - Los enormes logros de la ciencia

אדום como líder científico:

“En el siglo VI del sexto milenio las puertas de la sabiduría se abrirán arriba y sus fuentes abajo, y el mundo se preparará para ingresar en el séptimo milenio...”

(Zohar, Vayera, 117 citado en Raphael Eisenberg, *A Matter of Return*, pág. 5)

La pelea de יצחק y רבקה con referencia a עשו:

עשו (de עושה – el que hace) es el maestro del desarrollo industrial, científico, material.

יצחק – esto debe ser incorporado al pueblo judío.

רבקה - עשו no puede ser absorbido por כלל ישראל y por eso estos desarrollos tendrán lugar fuera del pueblo judío, convirtiéndose en parte de aquello que desafiará al pueblo (גלות אדום).

La ciencia, particularmente la del siglo XX, ha cambiado todo nuestro estilo de vida. Vivimos en casas que están calefaccionadas o refrigeradas, iluminadas por las noches y conectadas a sistemas de alarma; abrimos las canillas y apretamos el botón del inodoro, manejamos autos, vemos TV y navegamos por Internet; compramos en supermercados gigantes y cocinamos en hornos a microondas; usamos tarjetas de crédito y hacemos transferencias electrónicas; utilizamos plástico y otros materiales sintéticos en la misma medida en que usamos los naturales. Resulta difícil pensar en algo de lo que hacemos que no nos lo haya dado la tecnología moderna.

Cantidad de hogares con inodoro:

1900: 10%

1997: 98 %

Los inodoros, las heladeras, la calefacción central y la electricidad, que no existían o eran inusuales a fines del siglo pasado, ahora son muy comunes. Con los ajustes por inflación, los hogares de clase media ganan más del doble de lo que obtenían en 1929.

Estas son indudablemente ganancias importantes y el mundo es un lugar mejor gracias a ellas.

Más allá de evitarnos ir a buscar agua al pozo y de usar velas de noche y burros de día, la ciencia, principalmente a través de servicios sanitarios simples como los inodoros y el agua corriente purificada, le ha dado un nuevo vuelo a la vida misma. En Estados Unidos, entre 1900 y 1998, la expectativa de vida aumentó de 47 a 78 años. Una persona promedio tiene 31 años más para llenarlos con tareas durante su vida. ¡Es realmente extraordinario! Muchas personas cuyas vidas estaban medidas con minutos y horas ahora tendrían una vida larga y saludable. La mortalidad infantil (por debajo del año de edad) en Estados Unidos bajó de 100 nacimientos por 1000 (10%) en 1915 a 11 por 1000 (1.1%) en 1984. (Cifras de *Flanagan's Version* de Dennis Flanagan, Vintage Press, págs. 26-28).

Enfermedades horribles que durante siglos se llevaron cientos de millones de vidas, ahora están bajo control. Una de las más espantosas, la viruela, ha sido erradicada totalmente de la faz de la tierra (ibid.)

Cuanto mayor sea el avance científico de un país, mejor será el nivel de vida. En esos países, la gente se alimenta mejor, tiene mejores condiciones sanitarias, mayores ingresos y en general una vida más saludable y cómoda. Si creemos en la ciencia, es porque vemos que funciona; no solo enviando a alguien al espacio, sino también a través de formas más tangibles

que mejoran nuestra vida a cada minuto del día.

Pero lo que la mayoría de nosotros no se da cuenta es cómo la ciencia ha cambiado completamente nuestra forma de relacionarnos con el mundo. Incluso nuestra forma de hablar de todos los días ha cambiado profundamente durante el último siglo. Después de la invención de la electricidad, por ejemplo, a las personas efectivas se les decía “dinamos”, algo emocionante nos “cargaba las pilas” y alguien podía estar “sobrecargado” o “quemado”¹. Ahora hablamos del salto cuántico.

La manera en la que nos relacionamos con el tiempo cambió dramáticamente. Hasta la década de 1820, un día estaba dividido en 12 horas de luz, y cada día tenía una medida diferente de la hora. Fueron los trenes estadounidenses, por su necesidad de tener horarios exactos, los que impusieron el tiempo moderno a la humanidad. Nadie puede imaginarse hoy cuán revolucionario fue ese cambio. Hubo una fuerte resistencia en su momento. Los bancos en Luisville, Kentucky, continuaron usando el horario solar durante 30 años más. El directorio de una escuela en un pueblo de Ohio tomó la decisión de utilizar el Horario Estándar del Este, desafiando a la municipalidad que estableció que el resto del pueblo utilizaría el horario solar. Un deudor de Boston puso el horario del este en su reloj y no se presentó a tiempo en un juzgado ante un juez que insistía obstinadamente en utilizar el horario local y lo declaró moroso (la Corte Suprema del Estado revirtió la decisión)².

¹ Electrifying America, David Nye, revisado por Claude Fisher en *Science*, 17 de Mayo de 1991.

² *Keeping Watch: A History of American Time*, de Michael O'Malley, revisado por Patricia Cline Cohen, en *Science*, 17 de Mayo de 1991.

Solo durante las últimas cuatro décadas hemos acumulado más conocimiento científico que el que se generó durante los 5.000 años anteriores. El 90% de los científicos que alguna vez vivieron aún están vivos hoy y están utilizando herramientas mucho más poderosas de las que jamás existieron³.

“La Ley de Moore que establece que el poder de la computadora se duplica cada 18 meses está llegando a un año ahora. El Rav Kurzweil, en su libro *The Age of Spiritual Machines*, calcula que se ha duplicado 32 veces desde la Segunda Guerra Mundial y que el punto de singularidad en el cual el poder computacional total aumentará a niveles tan lejanos a lo que podemos imaginarnos que parecerá casi infinito y será indistinguible de la omnisciencia, podría ocurrir en una fecha tan cercana como el año 2050. Cuando eso suceda, la década

³ Mortimer B. Zuckerman, 27 de diciembre de 1999, U.S. News and World Report:

Zuckerman continúa: La información científica aumenta ahora al doble cada cinco años aproximadamente. Otras informaciones se duplican cada dos años y medio. El conocimiento nuevo transforma en obsoleta a la nueva tecnología en un sólo período de entre cinco y siete años. Incluso las computadoras se desactualizan en menos de dos años. Recientemente, IBM anunció que va a construir una supercomputadora que funcionará 500 veces más rápido que la computadora más veloz que tenemos hoy. Se llama “Gen Azul” y la velocidad que tiene como objetivo ¡es de mil trillones de cálculos por segundo!

... Las noticias sobre el nuevo mundo que descubrió Colón tardaron cinco meses en llegar a España. El paso histórico de Neil Armstrong en la luna tardó 1,3 segundos en llegar a millones de televidentes.

...En 1932 Albert Einstein concluyó que no existía la más mínima posibilidad de obtener energía nuclear. Una década y un cambio más tarde, Tom Watson, el jefe de IBM investigó el mercado mundial para las computadoras, pensó, y concluyó que había una demanda de “unas cinco máquinas”.

siguiente dejará muy atrás a los 100.000 años que la precedieron¹.”

ii - La arrogancia de la ciencia

Pero mas allá de esto, a fines del siglo XX la ciencia no es solamente otro esfuerzo del mundo occidental; es la característica definitoria de esa civilización. Las ciencias en general, y la física teórica y la cosmología en particular, están respondiendo todas las preguntas antiguas de los filósofos: ¿adónde comienza y termina la vida; cuándo comenzó el universo y cuándo terminará; cómo se crea la materia y cómo se destruye; cuáles son los últimos principios por los cuales el está regido el universo?

El nuevo rol del físico teórico:

Más arriba explicamos cómo el mundo físico puede embellecer nuestra apreciación de Hashem y de la Torá y que en realidad no existe ninguna contradicción intrínseca entre estos dos.

En este esquema de cosas, la ciencia contribuye a nuestro conocimiento y bienestar, y los problemas solo surgen cuando el científico no logra darse cuenta de sus limitaciones².

¹ *Shemer's Last Law* de Michael Shemer, en *Scientific American*, 2002

² Lo que sigue está basado en una reseña del libro *COMPLICATIONS: A Surgeon's Notes on an Imperfect Science* de Atul Gawande escrita por F. Gonzalez-Crussi en el *New York Times*:

En un momento en el que la medicina estadounidense es considerada cada vez mas como una industria, los usos y costumbres de las empresas industriales están siendo empleados en la clínica. Una vez escuché el impresionante slogan “cero error” publicitado enérgicamente por una consultora muy bien pagada en el hospital en el que yo trabajaba. Por un lado, el slogan reflejaba el espíritu loable de una constante intolerancia hacia los errores; por el otro, socavaba su propia efectividad al ir en contra de la verdad categórica, respaldada por la experiencia de milenios y confirmada por los pensadores más destacados de

Sin embargo, como la ciencia ha sido usada por Edom como instrumento principal de progreso, como una alternativa a la Torá, el paradigma del científico suele estar en conflicto con la Torá.

Muchos científicos consideran que todo aquello que no pueden reducir a una explicación puramente física está en conflicto con la ciencia. Al respecto Heinz R. Pagels escribe:

todos los tiempos, de que los seres humanos son falibles.

En *Complications*, Atul Gawande describe cuántas cuestiones todavía no tienen una explicación médica. Las enfermedades van y vienen, por lo general sin una causa aparente. O un rol causal es rápidamente atribuido a factores que son puramente coincidentes. La misma anomalía demostrable aparece en algunos pacientes con síntomas escalofriantes mientras que en otros pasa desapercibida. Una epidemia de dolor de espalda entre médicos que antes sobrellevaban infinidad de horas encorvados en la sala de operaciones podría estar relacionada, sugiere Gawande, con la creciente insatisfacción con su profesión.

Gawande escribe: “El estado básico de la medicina es el de incertidumbre. Y la sabiduría – tanto para los pacientes como para los doctores – está definida por la manera en que uno la enfrenta”.

Nos dan una visión de esa condición misteriosa, trágica, como es la muerte repentina e inexplicada de niños (SMRN o Síndrome de la muerte repentina de niños), para la cual durante mi vida al menos una decena de explicaciones hipotéticas han sido expuestas con seriedad. Como patólogo, disfruté inmensamente el Capítulo denominado “Corte Final” en el que Gawande, con admirable franqueza, nos dice que una causa importante por la cual se han reducido las autopsias es el orgullo desmedido. Los médicos creen hoy que con los instrumentos de la nueva tecnología ningún diagnóstico se les puede escapar, una postura que desafía a estudios recientes que demuestran que el 40% de las veces una autopsia revela anomalías diagnosticadas durante la vida del paciente, y que un tercio de éstas es de tal magnitud que habrían modificado el tratamiento si se hubieran sabido oportunamente. En un momento en el que un hospital se publicita con la frase “donde suceden los milagros”, cuando los médicos dicen, sin ruborizarse, que hacen “resucitación cardiaca” haciéndole creer a la gente que traen a Lázaro todos los días, una franqueza como la de Gawande merece elogios sin reservas.

“Estas dos visiones de la realidad –la natural y la trascendental- están en evidente y profundo conflicto. Al parecer, la mente es trascendental para la naturaleza. Pero de acuerdo con las ciencias naturales ese mundo trascendental debe tener un respaldo material y como tal está sujeto a la ley natural. Resolver este conflicto es y seguirá siendo un desafío intelectual fundamental para nuestras civilizaciones durante los próximos siglos.¹

Recientemente Paul Davies, decía en *The Cosmic Blueprint*, que estos principios le permiten al universo ser auto organizativo de una forma dinámica y creativa e incluso podrían ser una explicación de cómo surgió su existencia. Luego de haber afirmado durante años que la metafísica era suya, ¡el científico está ahora a punto de resolver los últimos misterios del universo! Como dice Davies: Puede parecer extraño pero en mi opinión la ciencia ofrece un camino mas seguro a D-s que el que ofrece la religión”. (G-d and the New P, pág. ix). Richard Dawkins, biólogo de la Universidad de Oxford y ateo confeso afirma: “Estamos trabajando en la construcción de una visión completa del universo; si lo logramos será la comprensión absoluta del universo y de todo lo que hay en él. (En N. Y. Science Times, 30 de junio de 1998).

En 1998, Edward Wilson, naturalista de Harvard, publicó un libro con el extraño título de “*Consilience: The Unity of Knowledge*”. En este trabajo intentó mostrar la unidad absoluta de todo el conocimiento, en particular el de los asuntos humanos, bajo la protección del esfuerzo científico. La política, la economía, la sociedad, el individuo y la creencia en D-s solo tendrán sentido cuando sean reducidos a la biología - específicamente a la genética- y esta última solo tendrá sentido cuando se reduzca a la física. Solo después de que

eso ocurra podremos unir todos los conocimientos de diversos campos en un todo coherente que explicará la totalidad del comportamiento humano. ¿Por qué las personas aman y por qué hay guerras; por qué soñamos; por qué tenemos conciencia propia; por qué somos capitalistas ambiciosos y por qué somos creativos; por qué somos morales y por qué creemos en D-s – todo debe ceder paso a la fuerza de *consilience*.

Las ideas de Wilson deben ser recibidas como corrientes científicas dominantes – demasiado esplendor sin la suficiente ciencia dura para respaldarlo. Lo que Wilson quiere explícitamente hacer ya ha ocurrido, pero sin que la raza humana toda tome conciencia de ello. Si la ciencia no ha asumido el control de todas las áreas del conocimiento, al menos las ha definido y les ha dado forma, estableciendo los parámetros con los cuales todas esas áreas serán juzgadas.

En una expresión de la idea de Robert Jastrow en *G-d and the Astronomers*, el científico que llega a la cima de la montaña y se encuentra con que el teólogo ya está allí, verá a este último como la extensión de esa montaña que está escalando. Debe continuar escalando hasta que esté sentado, como él lo ve, por encima del teólogo. Por supuesto, él es cordial con su montaña y también le sonríe amablemente al teólogo: todos son bienvenidos en el esquema de las cosas.

iii – El mundo físico no tiene sentido sin el mundo espiritual

Pero todo esto no es un problema de la ciencia sino del científico. La ciencia mantiene una necesidad de estar informada y de tener sentido a través de la espiritualidad.

El desafío de la ciencia y el judaísmo no descansa en la tensión intrínseca entre los dos sino en la posibilidad de que la

¹*The Dreams of Reason*, pág. 12

ciencia pueda ser una empresa con sentido moral y espiritual.

Las 10 afirmaciones de la Creación = el contenido físico: la ciencia y la medicina relativas a la תורה son חכמות חיצוניות.

Los 10 mandamientos = el contenido espiritual = la תורה¹.

“En el estudio de la causa y el efecto, el científico enfatiza el efecto, el judío la causa. Desde el punto de vista judío, mientras los científicos no entiendan la racionalidad subyacente, la interpretación que ellos hagan de cualquier ley está limitada a los efectos de esa ley.”(Michael Kaufman).

הסתכל באורייתא וברא עלמא significa que Él buscó la esencia espiritual a partir de la cual obtuvo el mundo físico, la vestimenta exterior.

Entonces:

- 1 - Los dos están en armonía.
- 2 - El mundo físico no tiene sentido sin el mundo espiritual.
- 3 - Más aún, el mundo físico sería destruido sin su contenido espiritual:

בראשית א: לא
רש"י: הוסיף ה' בששי בגמר מעשה בראשית
לומר שהתנה עמהם על מנת שיקבלו עליהם
ישראל חמשה חומשי תורה. ד"א יום הששי
כולם תלויים ועומדים עד יום הששי הוא ששי
בסיון המוכן למתן תורה

ירמיה לג: כה
אם לא בריתי יומם ולילה חקות שמים וארץ לא
שמת

Sin embargo, aunque es la ciencia la que necesita al judaísmo y no a la inversa, ésta puede embellecer a la Torá. (Ver רמב"ם, שו"ת: 3-57)

iv – Los avances técnicos conllevan nuevas cuestiones morales

Dos ejemplos relacionados con la ética médica:

a – Clonación

La clonación nos plantea los siguientes interrogantes (entre otros):

- ¿La madre tiene que usar su propio material genético nucleico; los óvulos tienen que ser los suyos?
- ¿Quién es la madre legal del niño?
- ¿El bebé clonado es el es el hijo legal del donante que otorga el material genético o quizás el clonado es el hermano del donante?
- ¿En cualquiera de los casos eso significaría que el niño tendría el equivalente a un gemelo como madre (o como padre)?
- ¿Bajo qué condiciones se puede utilizar este método? ¿Puede utilizarse? ¿Se puede usar para mejorar la raza humana (clonar un genio perfecto) en lugar de usarlo en un tratamiento de infertilidad? ¿ Pueden utilizarlo mujeres lesbianas para tener hijos?

b – Recursos insuficientes

Los insuficientes recursos médicos o la falta de financiamiento para continuar nos traen estos interrogantes:

¿Alguna vez nos permiten elegir entre dos personas (una vieja, demente, que probablemente no vivirá mucho y una joven, brillante, con motivación como para ser candidato a presidente)?

¿Podemos decidir no aplicar tratamientos altamente costosos como los trasplantes de riñón que tienen efecto solamente en algunas personas y socavar los recursos

¹ פחד יצחק - חנוכה - מאמר ד' סעיף ד

destinados al bienestar general de la población?

¿Puede una Organización para el Mantenimiento de la Salud (HMO) recompensar a los médicos que deniegan tratamientos potencialmente necesarios y de esa manera ahorran dinero?

Existen otras miles de preguntas relacionadas con la extracción de sistemas artificiales para ayudar a mantener la vida, los documentos que estipulan que no se mantenga en vida a una persona en caso de enfermedades terminales, la divulgación de información en situaciones que amenazan la vida, etc.

v-Los científicos no están calificados para abordar estos temas

En forma automática, la sociedad le ha asignado al médico el rol de teólogo y moralista – un rol para el que no tiene competencias. El miedo a las enfermedades y a la muerte, ayudado por un aura de misterio intencionalmente cultivada y el profundo respeto que tienen los laicos por los logros científicos, ha dado como resultado esta elección no escrita de la comunidad médica como árbitro de las verdades más fundamentales de la Torá y de la moralidad de la civilización occidental." (Rabino Dr. Moses Tendler en *Challenge*)

(La interpretación normal de esta afirmación es (טוב שברופאים לגינהם) (סנהדרין פב). que los mejores doctores, solo por el hecho de que son líderes en su campo, no solicitan una segunda opinión médica, pero también puede significar que no solicitan un consejo médico apropiado).

"*La ciencia nos dice cómo curar y cómo matar; reduce los índices de mortalidad por menor y luego nos mata por mayor en la guerra, pero solo la sabiduría ... puede decirnos cuándo curar y cuándo matar.*" (Will Durant, *A History of Philosophy*)

"Un médico está tan calificado para juzgar a partir de cuándo comienza y finaliza la vida como lo está un chef para decir qué comidas son cancerígenas o un programador de computadoras para establecer cómo reaccionará el mercado de las PCs. Todas estas opiniones pueden sonar inteligentes; ninguna tiene una posibilidad mayor de ser correcta que la de un hombre común educado". (Durham/Chapel Hill Federation Newspaper, 1994)

"Pensar de forma rigurosamente ética es una cuestión extremadamente especializada. El (gran rabino) ... tiene en cuenta que lo que él piensa sobre la familia como centro, el valor y el propósito de la vida, el derecho a la autodeterminación y D-s no solo van a influir en sus respuestas sino que determinarán las preguntas que se realicen. Y esas preguntas ya nos indicarán una respuesta en particular. Como dicen los sabios, 'la pregunta de un hombre inteligente es la mitad de la respuesta'" (ibid).

vi –Imposibilidad de producir un sistema de vida ética

No existe necesariamente una correlación entre el logro científico y el legado ético de una civilización – por ejemplo, el antiguo Egipto, Persia, Alemania moderna. Las dos excepciones parciales a esta cuestión son los griegos y Estados Unidos hoy. (Nótense, sin embargo, el antisemitismo, la falta de valores familiares y morales y las creencias primitivas en Grecia). Ni un solo científico del siglo XX ha provocado un impacto moral o espiritual duradero.

a - Sin ética

Durante los últimos 20 años, muchas universidades estadounidenses introdujeron materias de medicina y ética. Muchos hospitales tienen ahora un comité de ética. Si bien estas acciones merecen ser elogiadas, están limitadas a las respuestas de realidades existentes; es decir, la ciencia, casi sin restricciones primero descubre un campo en particular y solo después de esto el especialista en ética puede abordarlo.

Dice Will Durant: “El científico está tan interesado en la pata de la pulga como lo está la vorágine creativa de un genio...”

“Los físicos han conocido el pecado y este es un conocimiento que no pueden perder”- Robert Oppenheimer, conferencia (1947) (Citado en Meriam Webster’s Dictionary of Quotations).

“Era cierto en el pasado que lo que denominamos inteligencia y descubrimiento científico conllevaba una ventaja de supervivencia. No está claro si esto sigue siendo así: nuestros descubrimientos científicos podrían destruirnos a todos” (Stephen Hawking, *A Brief History of Time*, pág. 12)

“Los científicos no demuestran una correlación entre su grandeza y su comportamiento ético. Algunos como Einstein y Sharansky usaron su marco para tratar de promover lo que ellos consideraban que era un comportamiento ético en el mundo. Pero otros eran simplemente radicales. Heisenberg trabajó en una bomba atómica para los nazis y Newton era insensible y vengativo. Después de una crisis en 1693, abandonó su actividad académica por un trabajo mas pesado como investigador privado y abogado temido muchos.” (En *Isaac Newton: The Last Sorcerer*, Michael White, 1997)

b – Visión del mundo inadecuada

Karl Jaspers: La ciencia no le ha dado al hombre un visión abarcativa del mundo. (Cit., 465, Baumer, *Modern European Thought*, MacMillan.)

En la visión mundial de que el progreso es intrínsecamente bueno, le debemos mucho a Maquiavelo ... en el sentido de que si hay algo que fue inventado debemos usarlo. No nos detenemos a pensar en las posibles consecuencias de ese uso. (J.B. Priestley)

c – Sin control en la sociedad

R.G. Collingwood (Autobiografía): “El gigantesco aumento del poder del hombre para controlar la naturaleza no ha sido acompañado por un aumento correspondiente en su poder para controlar las situaciones humanas”. (Baumer, *Modern European Thought*, pág. 466)

d – Empeoraron las cosas

Aldous Huxley: “La victoria del hombre sobre la naturaleza constituyó un factor causal importante en la centralización progresiva del poder y la opresión así como en la correspondiente disminución de la libertad durante el siglo XX. (Anteriormente citado).

e – Sin sentimientos, objetivos o valores

Sir Arthur Eddington: “Por elección, la física se ocupó de cantidades medibles. Pero había todo un mundo de sentimientos, objetivos, valores”.

Alfred North Whitehead: “La ciencia abstraigo un aspecto particular del mundo como un todo para estudiarlo y esto tuvo mucho éxito. Ya era el momento de restaurar la vida a la naturaleza,

incluyendo los valores y otras cuestiones”.
(Ant. Cit., 473)

Victor Weiskopf escribe lo siguiente respecto de su participación en el Proyecto Manhattan, la iniciativa estadounidense durante la Segunda Guerra Mundial para hacer una bomba atómica:

“Hoy no estoy muy seguro si mi decisión de participar en esta empresa fabulosa y horrible tenía que ver solamente con el miedo de que los nazis nos venzan. Podría haber sido simplemente una necesidad urgente de participar en el importante trabajo que mis amigos y colegas estaban realizando. Ciertamente había un sentimiento de orgullo al ser parte de una empresa única y sensacional. También era una oportunidad para mostrarle al mundo cuán poderosa, importante y pragmática podía ser la esotérica ciencia de la física nuclear”

Luego de la derrota de Alemania, la razón única y de mayor peso para trabajar en la bomba había desaparecido. Pero el trabajo continuó porque “para esa época ya estábamos demasiado involucrados en el trabajo, profundamente interesados en el avance y demasiado dedicados a resolver las dificultades que presentaba ... ni si quiera se me cruzó por la cabeza abandonarlo”. Después de la guerra, Weiskopf sí abandonó el proyecto. (*The Joy of Insight, Passos of a Physicist*, Basic Books).

vii-No se puede, ni si quiera en principio, lograr una comprensión total del conocimiento

Más aún en la práctica.

Ver **A-iii** más arriba

El primer versículo de בראשית menciona a אלקים; el segundo versículo = las consecuencias del primero, אלקים no está mencionado. Esto le permitió a la empresa científica (y si el hombre así lo elige, incluso como un esfuerzo puramente secular) entender el mundo. Sin embargo, no podrán ir más allá de cierto punto sin invocar a D-s. Si intentan recorrer el versículo hacia atrás y llegar hasta בראשית, solo podrán hacerlo atravesando el nombre de אלוקים.

מהר"ל: Este mundo creado con ה מהר"ל על אבות (דרך חיים) פ"ה מש"א והכל נרמז במה שכתוב (ישע"י כ"ו) כי בקה ה' צור עולמים העולם הבא נברא ביו"ד מפני כי היו"ד מספרה עשרה... והדי מקבל היו"ד ואין היו"ד נוגע, כי אין הדבר שהוא נבדל מעורב עם הגשמי

Sir Isaac Newton : Parece que yo era tan solo un niño jugando en la playa, que se desviaba una y otra vez tratando de encontrar piedritas más suaves o conchas más comunes que lo normal, mientras el gran océano de la verdad yacía ante mi sin ser descubierto.

Cuando Alfred North Whitehead fue a Cambridge en la década de 1880, se suponía que la física estaba muy cerca de ser un tema cerrado.

Lord Kelvin: La física post-victoriana consistiría en agregar un punto decimal a las constantes de la naturaleza.

Bertrand Russell: “La ciencia nos dice lo que podemos saber, pero eso es poco, y si nos olvidamos de todo lo que no podemos saber nos hacemos insensibles a muchas cosas de gran importancia.” (*A History of Western Philosophy*)

a – Indeterminación y Probabilidad

Heisenberg demostró que no podemos conocer la posición y la velocidad de un electrón al mismo tiempo. Si medimos la

posición de un electrón, el mismo acto de medición afecta su velocidad y viceversa.

En una adaptación moderna del experimento de Thomas Young realizado en siglo XVII, se enviaron fotones de luz a través de rendijas hacia una pantalla. Se descubrió que cada fotón atraviesa ambas rendijas, ya que ocurre una interferencia incluso si se envía un fotón por vez. Por lo tanto, se cree que las partículas subatómicas eligen todos los caminos al mismo tiempo.

Todo esto llevó a los científicos a considerar que ya no es posible hablar de la posición absoluta de algo. Solo pueden referirse a la *probabilidad*. En términos más simples, esto significa que todo lo que podemos hacer es dibujar un gráfico que muestre todas las probabilidades de ubicación de un electrón o un fotón en un momento determinado. Pero los científicos han llevado esto más lejos y entienden que el electrón se desplaza a través del área de la curva de probabilidad. El hecho de que las cosas a un nivel subatómico nunca se conocen con certeza no es solamente una función de la precisión de nuestros instrumentos de medición, ni se debe al hecho de que interfieren, y por ende cambian, la realidad que intentan medir. Hoy se cree que estos efectos son intrínsecos e irreducibles. (Allan Aspect, 1982, en *Superforce*, pág. 46). Ya no es cierto afirmar que un átomo sí tiene una identidad discreta en un punto específico y que el problema está en nosotros - simplemente no podemos afirmar con certeza adónde está el electrón. Los científicos creen que la curva de probabilidad o su desplazamiento es la identidad. (Ni si quiera la probabilidad puede albergar todo el comportamiento de un electrón – ¡a veces se abre paso misteriosamente hacia el lado alejado de un objeto! Nadie entiende como sucede este “efecto cuántico”.)

(De acuerdo con la teoría de la relatividad, no sólo la materia es incierta. El espacio y el tiempo se vuelven

confusos, sujetos a cambios relativos a la velocidad y a la masa del objeto así como a las fuerzas gravitacionales que se ejercen sobre él.) (Davies, *Superforce*, pág. 30)

Desde el comienzo del siglo XX “toda la ciencia está regida por la idea de aproximación”. (Bertrand Russell).

b – Caos y complejidad

Desde la década de 1980, una nueva y gran área de estudio científico, la del estudio de los fenómenos caóticos y complejos como el humo, las pilas, los mercados de valores y otros, ha demostrado que mucho de lo que antes creíamos que no obedecía a ninguna ley, en realidad sí está regido por principios. Pero estas son leyes tan complejas que nunca contaremos con los medios técnicos necesarios para calcular estas propiedades adecuadamente (Ver **Apéndice I iv** para una descripción más detallada de la complejidad).

Ver **Apéndice E ii** donde abordamos el Principio de Incertidumbre (Indeterminación) de Heisenberg y otros principios similares.

viii-Límites Prácticos

A pesar de las investigaciones intensivas durante muchas décadas (y en algunos casos siglos), los científicos aún desconocen miles de cosas, algunas de ellas muy básicas. Por ejemplo:

a - Conflicto entre la Teoría Cuántica y la Teoría de la Relatividad

Aunque estas dos son las teorías principales que se usan actualmente para explicar el universo (la física cuántica a un

micronivel, subatómico y la relatividad a un macronivel), ellas están en conflicto: no es posible que ambas sean ciertas en su forma actual.

La ciencia continúa considerando a ambas como verdaderas mientras busca una solución al problema.

Sin embargo, la imposibilidad de reconciliar estos dos triunfos del siglo XX, ha limitado la habilidad de los científicos de mirar al Big Bang con algo que se aproxime a los niveles normales del rigor científico.

b – Materia Oscura

Los cálculos demuestran que la mayor parte de la materia que debe existir en el universo no es detectable actualmente para nosotros. Existen varias posibilidades respecto de qué podría ser esta materia escondida, perdida u oscura (la más probable es la del neutrino, si es que tiene masa).

Quizás las teorías astrofísicas merecen ser consideradas como científicas en el sentido popular del término en relación con fenómenos relativamente locales. Pero claramente no lo merecen en relación con los más distantes. Consideremos una comparación de la teoría de la materia oscura, que no se ve y no se detecta, que puede incluir una cantidad diez veces mayor a la materia ordinaria para la investigación médica. Supongamos que estamos intentando determinar la causa de una enfermedad. Sospechamos de un virus pero, de acuerdo con los teorías conocidas, debe haber una cantidad de ese virus diez veces mayor a la que encontramos en nuestras muestras de sangre para lograr sobreponernos a la respuesta inmune del cuerpo. ¿Rechazamos una o mas de las teorías que nos llevan a esta predicción o llamamos a una conferencia de prensa para anunciar el descubrimiento de un nuevo y misterioso fenómeno, “el virus oscuro”, y soñamos con un Premio Nobel por haber

inaugurado este emocionante y nuevo campo del descubrimiento? (Michael Phillips en *Philosophy Now*, Oct./Nov. 2000).

c – La migración de los pájaros

Los biólogos aún no conocen con certeza cómo saben los pájaros cuándo deben migrar, hacia adónde, cómo encontrar la ruta mas directa y cómo regresar.

d – Dieta Anual

Todos los años la *American Surgeon-General* recomienda una dieta que supuestamente es la mas balanceada y saludable para un adulto normal y en buenas condiciones de salud. Pero todos los años esa dieta cambia. Un año es mas rica en una vitamina determinada, en otro las grasas polisaturadas son eliminadas, etc. En conclusión, no sabemos lo suficiente sobre la comida y sus efectos en el cuerpo.

e - Superconductividad

Ver el punto **C iii b** mas arriba donde explicamos que ahora que se ha descubierto que la superconductividad ocurre a temperaturas mayores que las anteriores, ya no tenemos una explicación sobre cómo funciona este fenómeno.

f – La forma de la Vía Láctea

A medida que aumenta nuestro conocimiento sobre la Galaxia de la Vía Láctea (de la cual somos parte al final de uno de los espirales), también se modifica continuamente el mapa de su forma. Generalmente se afirma que la configuración actual aún es desconocida.

g – ¿Cuántos elementos básicos pueden existir?

Si bien existe naturalmente en el mundo un número fijo de elementos básicos, los científicos han podido fabricar más de manera artificial en el laboratorio. Hasta ahora los físicos han puesto sobre la mesa 111 elementos. Los científicos no saben hasta dónde podría llegar este proceso. Algunos esperan llegar a los 114 elementos, otros apuestan a más, otros a menos. Algunos han comenzado a preguntarse si todos estos elementos pueden realmente ser llamados 'básicos' en el verdadero sentido del término.

h - ¿Cómo se mueve la tierra internamente?

La tierra gira alrededor de su propio eje, pero también hay movimientos internos de materiales fundidos alrededor del núcleo. Los científicos aún deben averiguar cómo funciona esto y hasta que punto ocurre.

i – ¿Cómo están combinadas las cuatro fuerzas?

“La duda ha infectado la física de las partículas, en la que durante años los investigadores compartieron la meta de que las cuatro fuerzas de la naturaleza debían ser finalmente unificadas. Aquellos que trabajan en el campo de la teoría creen que su labor proporciona un puente aceptable, pero otros apuntan a los altibajos que experimentó el entusiasmo en los últimos 20 años y son menos crédulos. (Sir John Maddox en *Scientific American*, diciembre 1999, pág. 35)

j – ¿Cómo se regulan los genes?

“Desde la década del '60, los biólogos moleculares han tenido como meta comprender la manera en que los genes de los organismos vivos se regulan, pero no ha habido una explicación amplia ni siquiera para la más simple de las bacterias.” (Sir John Maddox en *Scientific American*, diciembre 1999, pág. 35)

k – El cerebro humano

“Nadie entiende cómo se toman las decisiones o cómo se libera la imaginación. Aquello de lo que está hecha la conciencia (o cómo se debería definir) es igualmente un enigma ... parece que estamos tan lejos de entender el proceso cognitivo como lo estábamos hace un siglo.” (Sir John Maddox en *Scientific American*, diciembre 1999, pág. 35)

En lugar de encontrar un gran saber unificador, ellos siguen poniendo al descubierto más complejidad. El progreso de la neurociencia es una especie de anti-progreso. A medida que los investigadores aprenden más sobre el cerebro, se hace inmensamente difícil imaginar cómo toda esa información dispar puede ser organizada en un todo cohesivo y coherente.

Los científicos todavía no han entendido cómo se desarrolla el cerebro en el útero y fuera de él, cómo envejece, cómo funciona la memoria. El neurocientífico de Harvard, David Hubel, cuyos experimentos con Torsten Wiesel ayudaron a crear la crisis actual en la neurociencia, dice lo siguiente al final de su libro *Eye, Brain and Vision*:

Esta tendencia sorprendente por la cual atributos tales como la forma el color y los movimientos son manejados por estructuras separadas en el cerebro inmediatamente nos plantea la pregunta de cómo se ensambla finalmente toda la información para percibir, por ejemplo, una pelota roja que rebota. Es obvio que se debe ensamblar en alguna parte, tal vez a la altura de los nervios motores que están

al servicio de la acción de atrapar. Adónde se ensambla y cómo, es algo de lo que no tenemos idea.

Al igual que un niño precoz de ocho años haciendo pequeñas reparaciones a una radio, los científicos de la mente se especializan en desarmar el cerebro, pero no tienen la menor idea de cómo armarlo y ponerlo nuevamente en su lugar.

La cognición, explicaba Goldman Rakic, comprende mucho más que la respuesta automática a un estímulo, como hace un conductor cuando se detiene con la luz roja y avanza con la verde. “Los humanos tienen muchas respuestas habituales, automáticas, reflexivas. Pero eso no es lo que los hace humanos, sino la flexibilidad de sus respuestas, su habilidad para responder y no responder, para reflexionar y actuar de acuerdo con sus experiencias, para guiar una respuesta específica en un momento en particular”. ¿Estaba hablando realmente de la voluntad? “Podría usar esa terminología”, respondió Goldman Rakic bajando la voz y hablando con un suspiro cómplice y socarrón “si realmente fuese desinhibida”.

La ciencia cognitiva es “una ciencia de solo parte de la mente, aquella parte que tiene que ver con el pensamiento, el razonamiento, el intelecto. LeDoux se quejaba en su libro *The Emotional Brain*, escrito en 1996. “Deja afuera a las emociones. Y las mentes sin emociones no son mentes en absoluto. Son almas en el hielo – criaturas frías y sin vida despojadas de deseos, miedos, penas, dolores o placeres”.

Aunque la conciencia es igualada muchas veces a la mente, la mayoría de los procesos mentales ocurren por debajo del nivel de conciencia.

Más misterioso que explicar la conciencia es entender cómo el cerebro crea un ser propio, una identidad personal en cada individuo. No podemos saber qué es lo que hace que tu seas tu y yo sea yo.

Tampoco puede ninguna teoría explicar la emoción. Hay muchos aspectos de la

emoción, indicó. Tiene componentes cognitivos, conductuales y otros. Los mecanismos que subyacen al miedo probablemente son diferentes a los del deseo o el odio.

No tenemos idea de cómo nuestro cerebro nos hace como somos. No hay una neurociencia de la personalidad por el momento. Sabemos poco sobre la manera en que el cerebro experimenta el arte y la historia. La fusión de la vida mental en la psicosis es un misterio. En resumen, todavía tenemos que desarrollar una teoría para organizar todo esto.

No tenemos una teoría de las enfermedades mentales, ni podemos explicar de qué manera disfruta la mente de una pieza de Mozart. Tampoco podemos explicar todos los cerebros. Un impedimento fundamental para el progreso en la neurociencia – o en cualquier otro campo relacionado – es la enorme variabilidad de todos los cerebros y mentes. Cada individuo está compuesto de una combinación singular de fisiología, identidad social y valores personales.

No sabemos cómo construye el cerebro las imágenes del mundo a partir de piezas dispares, ni miles de otros misterios. (Tomado de *The Undiscovered Mind. How the Human Brain Defies Replication, Medication, and Explanation* de John Horgan (Free Press, 1999).

John A. Wheeler (Princeton): “Vivimos en una isla de conocimiento rodeada de un mar de ignorancia. A medida que nuestra isla crece, también se expande la costa de nuestra ignorancia”. (Citado en *Scientific American*, diciembre 1992, pág. 10)

Cada vez aparecen más limitaciones prácticas que impiden el progreso de la ciencia. Por ejemplo, la física de las partículas depende de aceleradores de partículas muy poderosos para probar sus teorías porque éstas afirman que ciertas partículas existieron en los orígenes del Big Bang, y que sólo se puede lograr una

réplica de ellas a temperaturas muy altas haciéndolas chocar a gran velocidad. Pero en última instancia, ningún acelerador que pueda uno imaginar actualmente, puede generar el tipo de temperatura necesario para reproducir los eventos que se sucedieron en los primeros momentos del Big Bang.

ix-Límites Lógicos

Todas las ciencias, pero especialmente la física, dependen del hecho de que somos capaces de dar descripciones matemáticas (teoremas, fórmulas, etc) de los fenómenos que estamos tratando de detallar. Los científicos consideran que la reducción del mundo a la matemática, que es simplemente un producto de nuestra mente, es una fuente de asombro absoluto. De todos modos, incluso en la matemática hay límites lógicos. En 1931, Kurt Godel demostró que los sistemas matemáticos son, a cierto nivel, improbables. En su teorema de lo Incompleto demostró que en matemática ningún conjunto finito de axiomas puede responder a todas las preguntas que se plantea; se sigue entonces que la matemática es infinita y que hay teorías que nunca pueden ser probadas. (En *Scientific American*, enero 1994. pág 102-104; J. Traub y Woziokowsky también aplican este principio a muchos fenómenos físicos). Sin embargo existe un tipo de aritmética (denominada aritmética de Pressburger) en la que todos los postulados se pueden probar. Pero muchos de los teoremas en este sistema son tan complejos que incluso utilizando la computadora más poderosa que podamos imaginar, ¡tomaría millones y millones de años probar que esas fórmulas son verdaderas! (Heinz R. Pagels, *The Dreams of Reason*, pág. 61 y 62).

"Algunos años más tarde, Alan M. Turnig probó una afirmación equivalente

sobre programas de computadora, que establece que no existe una forma sistemática de determinar si un programa se detendrá en algún momento al procesar un conjunto de datos. Más recientemente Gregory J. Chaitin de IBM, encontró proposiciones aritméticas cuya verdad nunca se puede establecer siguiendo reglas deductivas." (*Scientific American*, Octubre. '94).

x- En cierto punto el mundo físico es inaccesible

מהר"ל על אבות (דרך החיים) פ"ה מש"א
ויש להקשות מאחר דבראשית נמי מאמר ולמה
לא כתיב ויאמר אלקים יהי שמים וארץ. ונראה
מפני שאסור לספר מדבר שהיה קודם שנברא
העולם והאמירה היה קודם שנברא העולם
ולפיכך כתיב בראשית ברא אלקים שמתחיל
בבריאה

Rav Munk: versículo 1 – D-s creó שמים y ארץ.

Los פסוקים solo describen la creación de la ארץ. Esto se debe a que no podemos entender completamente la dinámica del שמים. Por eso el שמים se llama שם מה, es decir, todo lo que podemos mencionar es que también hay algo – una realidad física que sigue ciertas leyes de השתלשלות pero que no es completamente accesible.

Otra posibilidad: שמים = שם מים
מה = materia organizada; מים = materia pluralizada en todas sus formas; allí (en algún lugar inaccesible) también hay materia organizada.

רש"י: - La תורה no es un manual de ciencia - אמר רבי יצחק

Por qué comenzó la תורה con בראשית (el mundo físico) si es un manual para dirigir nuestra espiritualidad.

Estudiar ciencia no tiene el mismo estatus que estudiar la תורה (ver *Challenge*, Radkowsky, pág. 70, el párrafo que comienza con: Es cierto que...)

xi- La Torá debe iluminar

Ciencia = Qué: 10 afirmaciones – Mundo de הכרת:

Torá = Cómo: 10 mandamientos – Mundo de elección. Solo en el mundo de elección puede tener un rol la moralidad.

xii- Era mesiánica

No hay ninguna razón para creer que la ciencia no continuará evolucionando significativamente:

רמב"ם הלכות מלכים פרק יב הלכה ב:
אין בין העולם הזה לימות המשיח אלא שיעבוד
מלכות בלבד

Sin embargo, la ciencia, tal como es practicada por los גוים estará completamente sujeta a la Torá y será utilizada solo como mecanismo para engrandecer a los judíos, a la Torá y a todo aquel que esté cerca de השם.

CAPÍTULO E: LA METODOLOGÍA DE LA FÍSICA MODERNA: TEORÍA VS. PRÁCTICA

- i - Observación y registro de todos los hechos**
- ii - Análisis y clasificación**
- iii - Formación de teorías y leyes**
- iv - Predicción y Verificación**
- v - Revisión de colegas y reproducción**
- vi - Reemplazo de la teoría anterior**
- vii - Mala conducta científica**

CAPÍTULO E: LA METODOLOGÍA DE LA FÍSICA MODERNA - TEORÍA VS. PRÁCTICA

Es importante entender las creencias subyacentes de la ciencia, no solo para comprender qué hay detrás de una teoría científica, sino también porque resulta esencial al momento enfrentarse con las pruebas de D-s, el Origen Divino de la Torá, la existencia y precisión de la Ley Oral o del Pueblo Elegido (Ver el volumen **Pruebas**). El público de Discovery y de otros seminarios similares suelen responder a una prueba diciendo: “pero no tienes que decirlo de esa manera, puedes decir esto o aquello”. Esto refleja la incomprensión de lo que realmente significa la palabra prueba. Cualquier “prueba” que se intente llevar a cabo no implica una prueba absoluta que no permite ninguna otra posibilidad. Los seres humanos no somos capaces de lograr ese tipo de conocimiento. Lo que significa es que esa es la mejor alternativa entre todas las posibilidades que podamos concebir. (Por esta razón, el Rabino Dovid Gottlieb no usa la palabra “pruebas”, sino que habla de la “verificación histórica de la Torá”, etc. Las pruebas de la “Torá” son exactamente del mismo orden que las pruebas científicas. Ellas tampoco intentan proporcionar la única explicación posible, sino la mejor. Pero el hombre común a veces no lo entiende y asume que las pruebas científicas son ciertas (después de todo, puede ver los desarrollos tecnológicos que lo rodean) y por eso quiere que las pruebas de la Torá sean igual de absolutas. Este capítulo aportará algunos apuntes respecto de lo que ocurre en las teorías científicas para poder mostrar luego que las pruebas de la Torá son científicas a los mas altos niveles. El **Capítulo F** se ocupará de mostrar que existe un sistema de creencias subyacente, un conjunto de suposiciones no demostradas que son compartidas por la comunidad científica.

La ciencia ideal debe desarrollarse siguiendo estos procedimientos:

- i - Observación y registro de todos los hechos**
- ii - Análisis y clasificación**
- iii - Formación de teorías y leyes**
- iv - Predicción y verificación**
- v - Revisión de colegas y reproducción**
- vi - Reemplazo de la teoría anterior**
- vii- Mala conducta científica.**

Pero son pocas las veces en que la ciencia opera de esta manera. Estos procedimientos se siguen en forma inapropiada, en ocasiones se evitan o se llevan a cabo en un orden incorrecto

i-Observación y registro de todos los hechos.

La observación está limitada por los siguientes factores:

1- Es imposible observar todos los hechos relevantes a una teoría científica. Para lograrlo tendríamos que esperar hasta el fin del mundo.

Todos los hechos que existen hasta ahora son infinitos. Por ejemplo, si yo estuviese investigando qué contribuye a la temperatura de una habitación, consideraría lo siguiente:

La temperatura exterior; el viento; el calor de los sistemas de iluminación, refrigeración, calefacción, gas, agua y otros que pasen a través de la habitación; la cantidad de gente que hay adentro y su temperatura corporal, los insectos como mosquitos, moscas, etc. que puedan estar presentes, la capacidad reflectiva y de absorción de los materiales de los que está hecha la habitación, la interacción de estos

elementos con fuentes externas de calor (como la temperatura del sillón después de que alguien se sentó sobre él), etc.

Esta lista se puede ampliar a otros cientos de elementos, haciendo que el cálculo final sea casi imposible. Lo que el científico nunca hace en la práctica es simplemente recolectar información porque eso la filtra a través de algún marco teórico y la reduce a proporciones manejables. Toda recolección de datos presupone algún tipo de teoría y al contrario de lo que se presume, no la precede.

Sir Arthur Eddington afirma: La mente seleccionó para el estudio unas estructuras específicas. “Las cosas que podríamos haber construido y que no construimos están allí en la naturaleza al igual que aquellas que sí construimos”.

2- Un segundo factor que hace que la información no sea completamente objetiva es que la mayoría de los “hechos” científicos son tan objetivos como la instrumentación a través de la cual son preservados en la teoría. (En las ciencias sociales, en casos como los de los tests psicológicos, esta filtración puede ser muy significativa)¹.

¹ Lo siguiente está basado en un artículo de la sección de Ciencia del New York Times y nos da una idea de la precisión de distintos tipos de estudios científicos.

EXPERIMENTOS DE LABORATORIO

Definiciones:

in vitro – realizado en células o muestras de tejidos en un tubo de ensayo.

in vivo – realizado en animales de laboratorio (por ej. ratones o cobayos)

Ventajas: Estos estudios pueden ser controlados muy de cerca; los científicos pueden asegurar que los grupos de comparación y las condiciones son idénticas.

Desventajas: Hay una gran diferencia entre los experimentos con humanos y los realizados en tubos de ensayo o con animales de laboratorio.

No todo lo que se puede aplicar a ellos nos sirve también a nosotros.

INVESTIGACIÓN EPIDEMIOLÓGICA

Definición – Estudios de observación

Por sí mismos, nuestros sentidos rara vez son precisos como para darnos la información que necesitamos. Tycho Brahe, que vivía en una era pre-telescópica, rechazaba la idea copernicana de que la tierra gira alrededor del sol. Si Copérnico tuviese razón, sostenía, la posición de las estrellas al mismo tiempo debería cambiar en distintas noches.

Ernst Mach: Dado que la física subatómica va más allá de nuestros sentidos, la teoría atómica puede ser considerada como una representación matemática de ciertos hechos, pero no se puede establecer una “realidad” física para los átomos y las moléculas.

Carta de Einstein a Heisenberg en 1927: “Pero por principio es bastante incorrecto tratar de encontrar una teoría que de cuenta únicamente de las magnitudes observables. En realidad, ocurre exactamente lo contrario. Es la teoría la que decide qué es lo que podemos observar”.

Estudios de control de casos – Comparar los factores encontrados en un grupo que tiene una condición particular con los de otro grupo que no la tiene.

Estudios de seguimiento – Grandes grupos de personas son objeto de un seguimiento durante un largo tiempo. Los investigadores intentan identificar los factores, las posibles causas y las prevenciones, asociados con las enfermedades que se desarrollan con el tiempo.

Ventajas: Los investigadores pueden focalizarse en asociaciones importantes ajustando sus datos estadísticos para que puedan dar cuenta de la influencia de factores superfluos.

Desventajas: solo es más confiable cuando el estudio es más extenso y se realiza durante mayor tiempo. No puede establecer la causa y el efecto. Solo puede sugerir relaciones entre dos factores. Produce resultados contradictorios a menudo.

PRUEBAS CLÍNICAS

Definición: Estudios que asignan personas al azar a dos grupos de tratamiento, sin que el investigador ni el participante sepan cuál es cada grupo hasta que el estudio se completa.

Desventajas: No todas las asociaciones sospechosas se pueden someter a una prueba clínica (por ejemplo, no sería ético indicarle a un grupo que fume y al otro que nunca lo haga sólo para probar que el cigarrillo produce cáncer).

3-Algunas informaciones son inaccesibles ya sea porque los eventos ocurrieron mucho tiempo atrás o porque están demasiado lejos.

Michael Philips escribió (*Philosophy Now* octubre /noviembre 2000):

Hemos desarrollado una tecnología que nos permite observar eventos en las galaxias que están a miles de millones de años luz de distancia. La teoría del Big Bang está basada en estas observaciones. También lo está nuestro conocimiento sobre cómo era el universo en el segundo 10^{-35} de su existencia.

¿Pero hasta qué punto estamos seguros de que nuestros instrumentos son precisos en estas distancias?

La respuesta es que no sabemos ... suponemos que nuestra muestra es representativa, es decir, que las leyes de la naturaleza que descubrimos aquí, en nuestro sector del universo, son aplicables en todos lados ... Es razonable que actuemos en función de esta suposición [pero eso] no significa que sea verdadera.

[Tenemos razón en suponer] que hay leyes generales que rigen el universo ... Pero de ser así... ¿podemos suponer que las hemos descubierto ahora o que estamos cerca de lograrlo? Si el universo es realmente diverso .. deberíamos tratar de entender el todo en términos de leyes y teorías que dan cuenta de una parte muy diminuta.

ii-Análisis y Clasificación

En una situación ideal, tomaríamos los datos en bruto y comenzaríamos a clasificarlos, por ejemplo, en el caso de los humanos, por raza, género, edad, salud, riqueza, inteligencia, etc. Igual que en el caso anterior. Pero los científicos han aprendido que muchas veces la clasificación es tan parcial que puede llevar a una ciencia muy incorrecta. Un ejemplo famoso fue el de Samuel Morton quien en 1830-50 clasificó 1000 cráneos

por raza. (Ver Stephen Gould, *The Mismeasure of Man*).

O también podría estar basada en suposiciones (denominadas hipótesis secundarias) que simplemente son incorrectas. Por ejemplo, las teorías científicas se fundamentan muchas veces en la presunción de que las cosas han sido constantes en la naturaleza durante un largo período de tiempo, aunque no exista ninguna razón en particular para creer esto. Por ejemplo, el establecimiento de una fecha a través del carbono se obtiene midiendo el nivel de C12 a C14 relativo al ambiente en un organismo que estaba vivo en el pasado. Pero se basa en la presunción de que la cantidad de ambos tipos de carbono que encontramos en el ambiente hoy ha sido constante durante decenas de miles de años. En realidad, hay muchas pruebas que podrían cuestionar estas afirmaciones.

iii-Formación de teorías y leyes

"Las leyes y teorías científicas no se derivan de hechos observables, sino que son inventadas para poder explicarlos. Son conjeturas ... y requieren de gran ingenuidad." (Carl G. Hempel, *Philosophy of Natural Science*, pág. 17)¹

¹ Muchas teorías científicas son meras construcciones matemáticas. Son simplemente proyecciones respecto de cómo se vería el micro o macro mundo si pudiéramos verlo. Ciertamente, hay buenas razones para operar de esta manera. Las proyecciones matemáticas por lo general han demostrado ser ciertas mas tarde. Esto ocurre a pesar de que muchos no consideran que la matemática misma existe en el mundo real. Richard Borcherds, un matemático destacado, adopta un punto de vista intermedio (en *Scientific American*, noviembre 1998, pág. 21): "Algunas matemáticas son claramente una invención humana" particularmente todo lo que depende del hecho de que utilizamos un sistema numérico de diez dígitos. "Pero considero que algunas matemáticas sí existen antes del descubrimiento. Tomemos el Teorema de Pitágoras. Ha sido redescubierto en forma independiente muchas veces por diversas civilizaciones. Realmente está ahí. Si hubiera pequeñas criaturas peludas haciendo matemáticas

“Sería mucho mejor si el progreso glorificara a los problemas en lugar de las teorías. Los problemas son absolutamente maravillosos; las soluciones son meramente útiles. Incluso a veces digo, no completamente en broma, que las teorías deberían ser renombradas con el título de “concepciones erróneas”, y que el progreso consiste en trasladarse de una

en Centauros Alfa, también tendrían alguna versión del teorema de Pitágoras”

Stephen Jay Gould escribió lo siguiente en “*Questioning the Millennium*” (1997):

Galileo describió al Cosmos como “un libro majestuoso escrito en el lenguaje de la matemática y sus personajes son triángulos, círculos y otras figuras geométricas”. El biólogo escocés D’arcy Thompson, uno de mis primeros héroes intelectuales y autor del libro incomparablemente bien escrito ‘Crecimiento y Forma’ (publicado por primera vez en 1917 y que aún se imprime) afirmó que “la armonía del mundo se manifiesta en Forma y Número; el corazón, el alma y toda la poesía de la Filosofía Natural están incorporados en el concepto de belleza matemática.

Muchos científicos se han valido de esta regularidad matemática para sostener, al menos metafóricamente, que todo Dios creador debe ser un matemático de la escuela de Pitágoras. Por ejemplo, el aclamado físico James Jeans escribió: “De la evidencia intrínseca de su creación, el Gran Arquitecto del Universo ahora comienza a aparecer como un matemático puro”. Esta impresión también se ha filtrado en el pensamiento popular y en la proclamación artística. En una conferencia de 1930, James Joyce definió al universo como “pensamiento puro, el pensamiento que nos indica a quién debemos describir, a falta de otro término, como pensador matemático”.

Algunos puntos de sorprendente regularidad matemática embellecen el cosmos tanto en dominios grandes como pequeños. Las células de una colmena de abejas, los pilares de basalto del Paso elevado Gigante en Irlanda del Norte, son hexágonos bastante regulares y parejos. Muchas “leyes” de la naturaleza se pueden escribir con fórmulas matemáticas extraordinariamente simples y elegantes. ¿Quién habría pensado que $E=mc^2$ podría describir la liberación de la enorme energía contenida en un átomo?

Pero hemos exagerado la regularidad de las matemáticas ... Si algo ocurre con la naturaleza es que es infinitamente diversa y constantemente nos sorprende – en las famosas palabras de J.B.S Haldane “no solo es más extraña de lo que suponemos, sino de lo que podemos suponer”.

concepción errónea hacia otra mas aceptable. Es decir, de una que contiene una importante cantidad de falsedad a otra que tiene bastante menos. (David Deutsch, un notable físico en *Philosophy Now*, 2000)

“La progresión lógica aparece solo al final y resulta bastante tedioso asegurarse de que todos los detalles funcionan. Antes de eso, hay que realizar todos los ajustes a través de mucha experimentación, conjeturas e intuición”. (Richard Borcherds, uno de los principales matemáticos del mundo en *Scientific American*, noviembre 1998, pág 21)

La Teoría de la Relatividad de Einstein primero fue concebida y luego probada (el mismo Einstein desarrolló tres experimentos para aceptar o refutar su teoría). Lo mismo ocurrió con la Teoría Cuántica, de la cual muchos elementos solo se han demostrado recientemente. Por ejemplo, Max Planck propuso una medida de las cantidades o ‘cuanta’ de energía que los átomos pueden absorber o emitir (la constante de Planck). La revista *Science* (8 de febrero de 1991) informó que muchos físicos estaban tan acostumbrados a usar la constante de Planck que ni si quiera se dieron cuenta de que nunca había sido chequeada con precisión. Solo en 1991 los físicos del *Los Alamos National Laboratory* confirmaron que la constante sí es correcta. (*Physical Review Letters*, 21 de enero).

Después de haber intentado durante mucho tiempo de aplicar el fenómeno de Higgs a la interacción fuerte, Steven Weinberg se dió cuenta repentinamente un día, mientras manejaba su auto hacia la oficina, que había estado aplicando las ideas correctas (el fenómeno Higgs) al problema incorrecto (a la fuerza débil en lugar de la fuerte).

En 1953, Fred Hoyle predijo la existencia de un isótopo de Carbono 12 hasta ese momento desconocido basándose en

teorías que describían de qué manera las estrellas generan elementos pesados. Solo posteriormente se confirmó esto a través de experimentos.

La inspiración de Kepler para un sistema solar cuyo centro era el sol se fundamentaba hasta cierto punto en una deificación solar en la que él creía. (Burt - *Metaphysical Foundations of Modern Science*). Sus estudios del movimiento planetario estaban inspirados en sus intereses en una doctrina mística sobre los números y en una pasión por demostrar la música de las esferas. (Hempel, *Philosophy of Natural Science*, pág. 16).

El químico Kekule había estado tratando de desarrollar una fórmula estructural para la molécula de benceno cuando una tarde de 1865 encontró una solución mientras dormitaba frente a su hogar. Mirando las llamas vio estructuras que se parecían a serpientes. De repente, una de las llamas se agarró de su propia cola. Kekule se paró de inmediato: había dado con la idea, que hoy nos resulta famosa y familiar, de representar la estructura del benceno con un anillo hexagonal. (Hempel, pág. 16).

Murray Gell-Mann (un importante físico) afirmó: “Estamos movidos por la insaciable curiosidad del científico, y nuestro trabajo es un juego delicioso. Frecuentemente me asombro de que los resultados son predicciones correctas de resultados experimentales”.

Lo que sigue fue escrito por David Goodstein en el NY Times en octubre de 2000 y es un buen ejemplo de cómo la teoría puede dar credibilidad a las ideas, incluso cuando no se pueden probar:

En junio de 1969, en un encuentro de científicos en Cincinnati, Joseph Weber, un físico de la universidad de Maryland, anunció la primera detección de ondas gravitacionales. Su anuncio fue recibido con gran emoción entre los científicos y

en la prensa. Sin embargo, otros científicos no pudieron reproducir los resultados de Weber y sus postulados finalmente fueron desacreditados. Esta historia nos recuerda un anuncio más reciente que hicieron dos científicos en Utah, donde afirmaban que habían descubierto la “fusión fría”. Pero a diferencia de lo que ocurrió con esta última, que había sido sacada de la casa de la ciencia a pesar de que otros insistían que habían detectado el efecto, la búsqueda de las ondas gravitacionales se ha transformado en una industria científica global aunque nadie registró más que un pequeño cambio. La diferencia es que la fusión fría viola principios fundamentales de la física teórica, mientras que las ondas de gravedad fueron predichas por Albert Einstein. Weber, quien falleció mientras yo estaba trabajando en el presente texto, es considerado por todos como el padre del campo de la detección de ondas de gravedad.

iv-Predicción y verificación

De acuerdo con la concepción abstracta perfecta de la manera en que funciona la ciencia, los siguientes principios se aplican:

1 – Todo conocimiento se puede explicar con un número de teorías.

2 – “Toda teoría física es siempre provisional, en el sentido de que es solo una hipótesis: nunca se puede probar. No importa cuántas veces concuerdan los resultados de los experimentos con alguna teoría; nunca se puede estar seguro de que la próxima vez el resultado no la contradirá. Por otra parte, se puede refutar una teoría encontrando tan solo una observación que no concuerda con las predicciones de esa teoría”. (Stephen Hawking, *A Brief History of Time*, pág. 10).

Un ejemplo clásico lo encontramos en el descubrimiento de Neptuno. Algunas

irregularidades en el movimiento de Urano allanaron el camino a la predicción de que debería haber otro planeta y a preguntarse adónde estaría. Los científicos alinearon sus telescopios en dirección al punto que indicaba la predicción ¡y listo! Neptuno fue descubierto¹. El problema con todo esto era que se llevó a cabo utilizando la física newtoniana. ¡Pero hoy sabemos que ésta física no es correcta!

En la mayoría de los estudios científicos que involucran gente, se utilizan muestras estadísticamente relevantes. Esto permite realizar un juicio de valor considerable para saber cuándo se debe repetir (o informar) un experimento que tuvo resultados negativos, así como verificar si un subgrupo que muestra resultados positivos es aleatorio o significativo².

¹ Irregularidades en el movimiento de Mercurio no lograron mostrar a Vulcano, por lo explicado en el punto 1, en relación con el hecho de que muchas teorías pueden explicar un solo fenómeno.

² Adaptado de Gina Kolata en NY Times, julio de 2002:

La mayoría de los experimentos realizados en la ciencia fracasan y las hipótesis que sedujeron a los investigadores resultan ser incorrectas, o al menos, los estudios no ofrecen ninguna prueba de que sean verdaderas.

Por lo general, si los estudios negativos son extensos y las hipótesis son conocidas, serán publicados. Eso ocurrió, por ejemplo, con los miles de estudios con usuarios de teléfonos celulares que no encuentran pruebas de que la radiación de estos aparatos predispone al cáncer de cerebro. También ocurrió con un estudio publicado el mes pasado que no logró probar que los hombres que tenían vasectomías tienen mayor posibilidad de tener cáncer de próstata.

Pero si los estudios son pequeños - solo una idea de un profesor que resultó incorrecta - los resultados por lo general no se publican, y esto lleva a que otros investigadores pierdan tiempo y dinero yendo al mismo callejón sin salida. O bien, si el estudio no logra demostrar una noción que todo el mundo cree que es cierta -por ejemplo, que el estrés produce úlcera- y no se publica, la gente podría continuar creyendo en una asociación que nunca fue probada.

Algunas revistas nuevas han comenzado a solicitar y publicar estudios negativos, aparentemente para

evitar la repetición y el desperdicio, y para reconocer que incluso los resultados negativos agregan valor a nuestro banco de conocimiento colectivo. Es una venta difícil. La tendencia a que la ciencia pase por alto la mayoría de las repercusiones de experimentos que fracasaron no es accidental. El dinero, el orgullo la política y la vieja competición, todas tienen un rol. Incluso cuando importantes estudios negativos se publican, esto no conlleva necesariamente el efecto de que los científicos comiencen a estudiar otros temas.

Las publicaciones no son completamente culpables. Algunos datos negativos no se publican porque los que los realizan no quieren compartirlos.

Una razón reside en que los científicos no quieren darle una ventaja a sus competidores.

“Ellos saben algo que no volverán a hacer y su competidor no lo sabe”, dijo el Dr. Kern.

En un mundo ideal, dijo el Dr. Leon Gordis, profesor de epidemiología en Johns Hopkins, todos los estudios, positivos o negativos, serían juzgados teniendo en cuenta si estuvieron bien hechos y si fueron interesantes. “No me parece que deba existir una publicación o revista que no encuentre asociaciones”, afirmó el Dr. Gordis. “Si Ud. tiene un buen estudio, debe entrar en una publicación médica prestigiosa”.

“Cuando hay cuestiones de por medio que son controvertidas o tienen una carga afectiva, ¿cómo decidimos que ya no se necesitan más estudios?”, preguntó.

Con respecto a los teléfonos celulares, algunos científicos continúan buscando evidencia de peligro. Ahora, científicos finlandeses han anunciado que proporcionarán informes de experimentos de laboratorio que sugieren que las radiaciones de los teléfonos celulares alteran la barrera de sangre del cerebro, permitiendo que ingresen sustancias químicas que deberían permanecer fuera de él. Por supuesto no hay pruebas de que esto esté ocurriendo en los humanos. Pero el solo esfuerzo demuestra que la cuestión de los celulares aún está viva.

Otra forma de mantener vivo un tema consiste en buscar subgrupos de gente en grandes estudios negativos cuyas experiencias parecen respaldar una hipótesis. Siempre se pueden encontrar esos subgrupos si uno desliza la información, dice el Dr. Barnett Kramer, editor de la publicación del National Cancer Institute. Aparecerán simplemente por casualidad, dice, agregando que dado que el efecto total es nulo, por cada grupo con un efecto negativo hay otro con efecto positivo. Esto no significa que el efecto de todo subgrupo es real - para averiguarlo hay que hacer otro estudio solo con ellos. ¿Deberíamos hacerlo? ¿O acaso un estudio que utilizó solo hombres debería repetirse

3- Para poner a prueba una teoría, ésta debe efectuar predicciones claras. Esto es lo que hace que la de Einstein sea buena ciencia y la de la evolución sea mala. Mientras que la evolución no hace predicciones que se pueden testear, Einstein dio tres instancias claras en las que se podía probar su teoría. Una de ellas consistía en saber cuánto se curva la luz que pasa cerca del sol. Las mediciones de Einstein diferían de las de Newton. En una noche de eclipse solar, Sir Arthur Eddington salió en un bote afuera de las costas de África para llevar a cabo mediciones que confirmaron las predicciones de Einstein. (Resulta interesante que en realidad Eddington cometió un error en sus mediciones, pero la teoría demostró ser correcta de todos modos).

Pero todo científico sabe que la ciencia rara vez funciona de ese modo. En el mejor de los casos, una teoría científica acumula evidencia en su favor gradualmente, y se hace más fuerte con el tiempo¹.

con mujeres? ¿El que se realizó con personas negras debe hacerse otra vez para ver si los resultados son los mismos con los blancos?

“No faltan cuestiones para plantearse”, sostiene el Dr. Gordis. Y agrega: es común que haya dinero para rehacer los estudios con un enfoque diferente. Entonces ¿qué debería hacer un científico? “No conozco nadie que rechace el dinero. Esa es la prueba de fuego”.

¹ El siguiente artículo fue escrito por el prestigioso cosmólogo James Peebles en *Scientific American*, en enero de 2001 y es un ejemplo de la graduación de jerarquía de las teorías de acuerdo con la cantidad de pruebas que las respaldan:

Este es un momento emocionante para los cosmólogos: las conclusiones fluyen, las ideas emergen como burbujas y la investigación para poner a prueba esas ideas se cocina a fuego lento. Pero también es un tiempo de confusión. No todas las ideas que se debaten pueden ser correctas, ni siquiera son compatibles una con la otra...

Comparo el proceso de establecer esos interesantes resultados, en la cosmología o en cualquier otra ciencia, con el armado de un marco. Buscamos reforzar cada pieza de evidencia agregando

armaduras cruzadas de distintas mediciones. Nuestro marco para la expansión del universo está sujetado con la suficiente firmeza como para ser sólido. La teoría del Big Bang ya no es seriamente cuestionada; todo encastra demasiado bien. Incluso la alternativa más radical -la última encarnación de la teoría del estado estático- no cuestiona que el universo se está expandiendo y enfriando. Aún se oyen diferencias de opinión en cosmología pero son agregados que se hacen a la parte sólida. Por ejemplo, no sabemos qué hacía el universo antes de comenzar a expandirse. Una importante teoría, la de la inflación, es un agregado atractivo al marco, pero no tiene estructuras cruzadas. Eso es precisamente lo que buscan los cosmólogos ahora. Si las mediciones que se están realizando concuerdan con las únicas marcas de inflación, entonces consideraremos que son un argumento persuasivo para esta teoría. Pero hasta ese momento, no apostaría a que la inflación realmente ocurrió. No estoy criticando la teoría; simplemente estoy diciendo que este es un trabajo difícil e innovador que todavía debe ser sometido a las pruebas.

Es más sólida la prueba de que la mayoría de la masa del universo está compuesta de materia oscura amontonada en las partes externas del universo. También tenemos argumentos razonables para la célebre constante cosmológica de Einstein (o algo parecido); ésta sería el agente de la aceleración que el universo parece estar atravesando. Hace una década los cosmólogos por lo general aceptaban a la materia oscura como una forma elegante de explicar el movimiento de las estrellas y el gas dentro de las galaxias. Sin embargo la mayoría de los investigadores, expresaba un gran desagrado por la constante cosmológica. Ahora la mayoría la acepta, o está de acuerdo con el concepto conexo de la quintesencia. Los físicos de las partículas han aceptado el desafío que presenta la constante cosmológica para la teoría cuántica. Este cambio de opinión no es un reflejo de debilidad inherente sino que muestra el tema en un estado saludable de caos alrededor de un marco fijo que crece lentamente. Somos alumnos de la naturaleza y ajustamos nuestros conceptos a medida que continúan las clases.

Las lecciones, en este caso, incluyen signos de que la expansión cósmica se está acelerando: el brillo de las supernovas cercanas y lejanas, las edades de las estrellas más antiguas, la curvatura de las luces alrededor de las masas distantes y las fluctuaciones de temperatura de la radiación termal a lo largo del cielo. Las pruebas son impresionantes, pero me preocupan los detalles del caso en lo que se refiere a la constante cosmológica, incluyendo posibles contradicciones con la evolución de las galaxias y su distribución espacial. La teoría de un universo

Un buen ejemplo es el de la física cuántica, que aunque todavía tiene muchos enigmas, gradualmente se hace más probable. Un ejemplo clásico de la manera en que funciona la ciencia es la Teoría Especial de la Relatividad de Einstein quien publicó su trabajo en 1905. La primera referencia a esta teoría en la literatura científica fue un trabajo de un laboratorio muy respetado que había puesto a prueba una de las predicciones allí mencionadas y concluyó que no concordaban con los resultados experimentales del laboratorio. De acuerdo con la doctrina de Feynman, citado por Gribbin, la teoría de Einstein debe haber sido incorrecta, y él debió haber regresado

que se acelera es un trabajo en construcción. Admiro la arquitectura pero no quisiera mudarme todavía.

¿Cómo debería uno juzgar los informes en los medios sobre el avance de la cosmología? Me incomodan los artículos basados en una entrevista con una sola persona. La investigación es un asunto complejo y dificultoso. Hasta el más experimentado de los científicos se encuentra con que es difícil no perder de vista todos los detalles. ¿Cómo se que ese individuo se manejó correctamente? Toda una comunidad de científicos puede también estar yendo en la dirección equivocada, pero eso es menos frecuente. Por eso me siento mejor cuando veo que el periodista ha consultado a una muestra representativa de la comunidad y ha visto que hay acuerdo en que vale la pena considerar un resultado determinado. El resultado se torna más interesante cuando otros lo reproducen. Comienza a ser convincente cuando líneas independientes de pruebas apuntan a la misma conclusión. En mi opinión, los mejores informes de la prensa sobre la ciencia describen no solamente los últimos descubrimientos e ideas sino también el proceso esencial, y a veces tedioso, de testear e instalar la estructura cruzada.

Con el tiempo, la inflación, la quintesencia y otros conceptos que ahora se están debatiendo, o se integrarán al marco central o serán abandonados y reemplazados por algo mejor. En cierto sentido, nos estamos sacando nuestro propio trabajo. Pero el universo es un lugar complicado, para expresarlo en palabras simples, y es tonto pensar que pronto se nos acabarán las líneas productivas de investigación. La confusión es un signo de que estamos haciendo algo correctamente: es la conmoción fértil de un sitio de construcción.

a la tabla de dibujo. Pero eso no fue en absoluto lo que hizo Einstein. Él sabía que lo que importaba era el poder y la coherencia que tenía su teoría. Con todo lo que la teoría sí había explicado, él estaba seguro de que el experimento estaba mal, lo cual era finalmente cierto, aunque tomó una década resolver la cuestión. Cuando Feynman y Murry Gell-Mann crearon su teoría de las interacciones débiles -la que hace que muchas partículas sean inestables- ignoraban una serie de experimentos que no concordaban con la teoría, los cuales resultaron ser también incorrectos. Hacer ciencia a este nivel no es como buscar la ortografía correcta de una palabra en el diccionario. Se parece mas a un constante coloquio en el que a veces los teóricos se guían por los experimentos y otras veces por lo contrario. Los grandes científicos tienen una intuición que los guía a través de los terrenos más inciertos. (Jeremy Bernstein en *The American Scholar*, marzo de 2000). (Ver el **Capítulo F ii – Belleza** para más ejemplos).

v- *Revisión de colegas y reproducción*

Cuando un científico afirma que ha logrado un descubrimiento científico ocurren dos cosas:

1-Revisión de los colegas

Debe entregar su trabajo a una publicación científica. Antes de que sea publicado por una revista reconocida debe ser revisado como mínimo por otros tres científicos colegas reconocidos. Ellos no solo considerarán si el trabajo reviste importancia sino también si es lo suficientemente riguroso como para ser considerado buena ciencia.

En general este sistema funciona bien. Sin embargo hay que marcar algunas salvedades. Existe particularmente una enorme presión constante sobre el

científico de carrera (incluidos los médicos) para publicar sus trabajos. Se necesita cierto número de trabajos para ser adjunto o asistente y luego profesor y además se requiere una cierta cantidad de estos trabajos por año para mantener esa condición. Por otro lado, todas las publicaciones, excepto las más importantes, tienen la enorme presión de encontrar artículos (¡hay más de 8.000 publicaciones tan solo de medicina!) Estas revistas no están sujetas a las fuerzas del mercado, es decir, no dependen de las suscripciones para sobrevivir. Ganan dinero con los pagos que realizan aquellos que les entregan artículos. En general, los científicos pueden obtener el crédito que necesitan, sin importar en qué publicación aparecerá su artículo. Por lo tanto, aunque el sistema de la revisión de colegas funciona bien para las publicaciones importantes, es mucho más débil para aquellas que están por debajo de este estándar.

2-Reproducción

Asimismo, si el descubrimiento es significativo, otros científicos intentarán reproducir el experimento.

La reproducción se lleva a cabo solamente con los descubrimientos más importantes. Se le da poca importancia al científico que simplemente reproduce los experimentos de otros (excepto que planea agregar elementos adicionales) y la mayoría de los trabajos científicos no solo nunca se reproducen sino que nunca más vuelven a ser siquiera citados en otro trabajo científico. (Es interesante mencionar que los colegas de Galileo no pudieron reproducir sus resultados).

Los datos en bruto por lo general no están completamente disponibles para otras personas, ni si quiera si se formula un pedido especial (si bien el *establishment* científico estadounidense se está moviendo para solicitarlo). Por eso los errores

estadísticos y otros de interpretación básica no se pueden recoger.

Los informes publicados de un experimento dejan afuera pequeños detalles de técnica práctica (el investigador suele hacer esto para tener ese campo para sí durante un poco más de tiempo).

Si otro investigador intenta reproducir un experimento y no lo logra, eso también es problemático para él. “Un chef no puede lograr una buena reputación si sus recetas son malas”. (William Broad y Nicholas Wade, *Betrayers of the Truth*, pág. 77)

Un fracaso como este es atribuido a la poca experiencia de los reproductores que tienen menos prestigio. Por ejemplo, Mark Spector, quien falsificó sus resultados en una investigación sobre el cáncer, no fue descubierto aunque otros no pudieron reproducir su trabajo; su imposibilidad fue atribuida a la experiencia técnica superior de Spector al purificar reactivos de kianse.

A veces, el prestigio de un científico parece indicar que hay que obviar la necesidad de reproducir. Ese fue el caso de Sir Cyril Burt cuya investigación en gemelos fue aceptada durante décadas hasta que finalmente se descubrió que también él había falsificado los resultados.

vi-Reemplazo de la teoría anterior

Se presume que cuando los resultados aparentan contradecir una teoría anterior y respaldan una nueva, la teoría más vieja será inmediatamente reemplazada. Esto no siempre ocurre. Una teoría puede ser mantenida porque continúa siendo útil, aunque no sea precisa. El ejemplo más famoso es el de la física newtoniana. Hoy aceptamos que es incorrecta y que ha sido reemplazada por la física einsteiniana. Pero continuamos utilizando la newtoniana en nuestra vida diaria, por ejemplo para construir puentes y edificios, porque es lo suficientemente precisa para nuestras necesidades en estas áreas y es mucho más simple que las fórmulas de Einstein.

Encontramos otro ejemplo en el área de la luz, en la que la teoría de Einstein sobre las cantidades de luz invalidó la teoría de la luz como una forma de ondas electromagnéticas. A pesar de esto, aún utilizamos esta última para la refracción, la reflexión y la polarización de la luz. El mismo Einstein predijo que la gran simplicidad de uso de esta teoría llevaría a su utilización continua.

A veces, una teoría se mantiene después de que fue refutada simplemente porque no hay ninguna nueva que la reemplace. Un ejemplo dramático de esto ocurrió en 1925 cuando D.C. Miller, en aquel entonces presidente de la *American Physical Society*, anunció que tenía pruebas que contradecían la teoría especial de la relatividad. La comunidad científica simplemente ignoró este dramático desarrollo creyendo que la contradicción sería resuelta de alguna manera. Pero en este caso sí eran correctas. (Paul Davies, *Superforce*, pág. 59)

vii-Mala conducta científica

Si bien han habido casos de fraude científico absoluto, esto es bastante inusual y ocurre un solo caso importante una vez cada dos años aproximadamente. Esto fue puesto de manifiesto cuando el Congreso estadounidense realizó una investigación sobre la mala conducta científica. Lo más común es la urgencia del científico por mejorar sus resultados, redondear los datos estadísticos, plagiar, publicar informaciones redundantes y el conflicto de intereses entre los que realizan la revisión y los autores. Una encuesta realizada por *New Scientific* sobre los investigadores científicos reveló que el 93% de los consultados conocía personalmente algún caso de fraude de este tipo. El *New York Science Times* (9 de junio de 1998) citó al editor del *British Medical Journal* quien afirmó que la mala conducta científica era un problema más

grande de lo que los científicos estaban dispuestos a admitir y llamó a la creación de una institución nacional con poderes para inspeccionar sin previo aviso a los investigadores¹.

Newton le agregó un factor artificial o una corrección sin explicación a su fórmula y Einstein hizo lo mismo en un

¹Un nivel más abajo de la mala conducta científica se encuentra el prejuicio. *New York Times*, 10 de agosto de 2000:

El prejuicio humano tiene una historia larga y poco feliz en la investigación científica. En retrospectiva, algunos de los datos de Gregor Mendel sobre las condiciones hereditarias eran demasiado buenos para ser verdad, pero el gran genético austriaco sabía lo que estaba viendo y simplemente podría haber descartado algunos datos que no eran apropiados.

El astrofísico británico Sir Arthur Eddington probablemente hizo lo mismo con las mediciones que realizó su equipo en la deflexión de la luz de las estrellas sobre el borde del sol en 1919. Pero estos resultados se corresponden con las predicciones de la teoría de la relatividad de Einstein que Sir Arthur estaba defendiendo en ese momento y que luego resultaron ser correctos.

Los científicos que tienen menos habilidad o menos suerte han tenido experiencias mucho más duras con el prejuicio. En la década de 1980, científicos de la Organización para la Investigación de Ión Pesado en Darmstadt, Alemania, se convencieron de que habían establecido una certeza estadística del 99,999% en el descubrimiento de una partícula extraña o de algún evento impredecible. Pero la partícula se evaporó cuando los físicos intentaron encontrarla en otros laboratorios.

“Si crees que hay algo y estás muy empeñado en buscarlo, eso podría llevarte a ti mismo a decir ‘guau, lo encontré’”, dijo el Dr. Michael S. Lubell, director del departamento de física en el City College de Nueva York, quien estuvo buscando la partícula en experimentos en el Brookhaven National Laboratory.

El resultado fue que muchos físicos aprendieron a tomar precauciones, especialmente al investigar eventos extraños en medio de la confusión de una cantidad de procesos ordinarios mucho mayor. En esos casos, solamente cuando restamos cuidadosamente ciertos eventos (por ejemplo, el número incorrecto de la energía o la masa o los productos en descomposición) surgen los pocos eventos de oro. Los errores o los prejuicios en la resta pueden borrar esos eventos o no lograr quitar toda la información que no tiene importancia.

intento de reconciliar su teoría con el modelo estático del universo. (Resulta irónico que Einstein podría haber llegado al resultado correcto por las razones incorrectas). Gregor Mendel, el descubridor de la genética, retocó sus estadísticas. John Milliken, ganador del premio Nobel por descubrir la carga eléctrica del átomo, hizo que sus resultados se vieran más convincentes.

En algunos casos, el investigador científico parece haberse engañado a sí mismo, al encontrar aquello que esperaba aunque en realidad eso no estaba allí. El caso más famoso es el del caballo Clever Hans, que parecía entender un idioma pero en realidad estaba respondiendo a impulsos involuntarios. Pildown Man, una farsa absoluta, engañó a la comunidad científica durante décadas. Algunos creen que esto se debía a que los científicos británicos que tenían acceso a Pildown Man sufrían el orgullo nacionalista de creer que un fósil de tal importancia había sido descubierto en Inglaterra.

En septiembre de 2002 se informó que una serie de avances extraordinarios en física descubiertos por científicos de Bell Labs habían sido logrados utilizando datos fraudulentos. Un total de 17 trabajos escritos entre 1998 y 2001 que habían sido promocionados como grandes descubrimientos de la física, incluyendo afirmaciones en el otoño pasado de que Bell Labs había creado transistores de escala molecular, fueron manipulados en forma inapropiada o incluso fabricados¹. El principal acusado del engaño fue el Dr. J. Hendrik Schon, uno de los científicos de Bell Labs, pero los trabajos salpicaron a

¹ El Dr. Schon le dijo al comité que había borrado casi todos los archivos originales con la información porque el disco rígido de su computadora no tenía espacio para almacenarlos. Afirmó que no tenía notas de laboratorio y no pudo reproducir ninguno de sus resultados para el comité.

co-autores que no notaron nada extraño², como el Dr. Bertram Batlogg, ex-director de investigación de física en estado sólido en Bell Labs, quien fue autor senior en muchos de los trabajos³, y también tuvieron su parte las publicaciones científicas que según la crítica se movieron demasiado rápido para publicar los sensacionales descubrimientos.

El caso también plantea interrogantes sobre el corazón del proceso científico, en el que los científicos se critican unos a otros por errores en los trabajos pero confían en que los datos son honestos. Si el panel está en lo cierto, el Dr. Schon logró su engaño en uno de los campos más importantes de la investigación, la electrónica molecular, en el que muchos científicos colegas estaban siguiendo muy de cerca lo que él estaba haciendo y sin embargo logró continuar con esa farsa durante varios años. Por otro lado, lo positivo para el proceso científico es que estas falsedades fueron descubiertas después de años y no de décadas o siglos.

Quedó claro que cuando ocurre una situación de fraude, los mejores científicos pueden ser engañados por sus propios colegas. Generalmente el científico de mayor rango es el que se encuentra desprevenido. En 1991, Mitchell Rosner, un estudiante de la universidad de Georgetown mintió al informar que había encontrado una proteína que impulsa a un óvulo fertilizado a comenzar a desarrollarse en embrión. Sus coautores retiraron el trabajo y pidieron disculpas.

² A excepción de uno solo, ninguno de sus colaboradores estuvo presente en ninguno de los experimentos. Los colaboradores del Dr. Schon desarrollaban cristales orgánicos y luego él los ensamblaba en aparatos electrónicos.

³ Se descubrió que la mayoría de los experimentos del Dr. Schon que fueron puestos en tela de juicio no se llevaban a cabo en Bell Labs en Murray Hill, N.J., sino en la Universidad de Konstanz en Alemania.

En 1981, en la Universidad Cornell, el Dr. Efraim Racker, uno de los grandes hombres de la bioquímica, fue engañado por un estudiante de posgrado. Otros científicos comenzaron a sospechar de una información que parecía demasiado perfecta, pero el Dr. Racker en primera instancia defendió los trabajos que había publicado con su alumno.

En 1986, el ganador del premio Nobel David Baltimore se enfrentó a una amarga controversia, cuando su colega la Dra. Thereza Imanishi-Kari fue acusada por error de falsificar datos. Durante cinco años el Dr. Baltimore la defendió enérgicamente antes de entregar una disculpa. Luego de una larga investigación del gobierno federal la Dra. Imanishi-Kari fue exonerada en 1996, y los errores en su trabajo fueron atribuidos a la falta de cuidado y no al engaño.

La revista *Scientific American* de diciembre 2002 (*In Science We Trust*) expresó las opiniones de la mayoría de los científicos al afirmar que el fraude nunca podría transformarse en un problema mayor para la ciencia: “En lo que respecta a la ciencia, 2002 fue un año marcado por muchos y maravillosos descubrimientos. Pero también fue el año de manchas en el registro científico. Entre las más importantes encontramos, el fraude de un físico que trabajaba en tecnología de semiconductores, el silencioso descubrimiento del elemento 118, un cambio absoluto en el conocimiento del reemplazo

de hormonas para mujeres postmenopáusicas, y recomendaciones controvertidas sobre las grasas alimenticias”.

“Con el tiempo, la ciencia se eleva por encima de intereses estrechos y se corrige a sí misma con más fiabilidad que la de cualquier otra institución a través de prácticas tales como la publicación abierta de resultados y métodos. Será inevitable que algunos se retracten. Esta no es una debilidad de la ciencia; es su gloria. Ningún otro esfuerzo puede rivalizar con la ciencia en el acrecentamiento del progreso en dirección a un entendimiento más completo del mundo observable”.

“Los anuncios de descubrimientos en las publicaciones para profesionales también califican y cuantifican su certeza; los anuncios de la prensa en general no, porque los no especialistas no tienen los elementos para interpretarlos”.

“El error más grave es esperar que haya un 100% de certeza científica o de acuerdo, porque eso nunca se concretará. Las conclusiones vigiladas por la comunidad profesional pueden ser incorrectas, pero generalmente representan el mejor respaldo a los mejores enfoques que tenemos en la actualidad”.

(Ver ejemplos del neutrino pesado inexistente y de la fusión fría en el **Apéndice H iii**).

CAPÍTULO F: LAS CREENCIAS SUBYACENTES DE LA CIENCIA

i-Unidad

ii-Belleza

iii-Sencillez

iv-Paradigmas

CAPÍTULO F: LAS CREENCIAS SUBYACENTES DE LA CIENCIA

El físico Gerald Holton afirmó: “Subyacen en todo el pensamiento científico unas pocas y simples suposiciones de cuestiones tácitas y los prejuicios sostenidos por la intuición que dan origen a la ciencia exterior”.

Existen numerosos principios, mencionados más abajo, que representan los principios subyacentes a los que se adhieren todos los miembros de la comunidad científica. Estos no son principios científicos per se. Representan las profundas creencias que tienen los científicos en la existencia de un orden y una armonía en el universo. Constituyen la religión de la ciencia.

“Al juzgar una teoría física ... Einstein se preguntaría si el habría hecho el universo de esa forma en particular siendo él D-s . (A Zee, pág. 6)

“Quiero saber cómo creó D-s al mundo. No me interesa este o aquel fenómeno, ni en el espectro de esto o aquello. Quiero conocer Sus pensamientos; el resto son detalles. (A. Einstein en A. Zee pág. 8).”

“El creador científico, al igual que cualquier otro, es apto para estar inspirado por pasiones a las cuales les da una explicación intelectual que se debe a una fe indemostrable sin la cual lo que lograría sería probablemente muy poco”. (Bertrand Russel, *The Will to Doubt*, The Wisdom Library, pág. 61).”

“El credo científico establece un sistema de creencias y emociones que llevan a una persona a ser un gran descubridor

científico.” (Bertrand Russel, *The Will to Doubt*, pág. 62)”

En 2002 el escritor científico Corey S Powell redactó un libro titulado *G-d in the Equation: How Einstein Became a Prophet of the New Religious Era*. [*D-s en la ecuación. De cómo Einstein se convirtió en un profeta de la nueva era religiosa*]. Cuando Powell dice ‘nueva religión’ se refiere a la ciencia. Dice: “la ciencia ofrece una forma alternativa de mirar el mundo que es positiva y enormemente atractiva; una religión de esperanza racional”.

i-Unidad

Anteriormente describimos de qué manera los científicos intentan combinar las cuatro fuerzas básicas de la naturaleza en una sola (ver **Apéndice B v** para más detalles). No hay ninguna razón por la cual los científicos deban creer que las cuatro fuerzas son en realidad una sola. No existe nada que sea científicamente incorrecto en el hecho de que existan cuatro fuerzas y no una. Tampoco había ninguna razón para que los científicos llevaran a cabo una investigación que incluyó decenas de miles de super-chocadores que cuestan miles de millones, y un esfuerzo monumental que ha tomado la mayor parte del siglo. ¿Por qué no podían aceptar sencillamente que había cuatro fuerzas? La ciencia tiene la profunda creencia de que cuánto mas abarcativa sea una teoría para toda la naturaleza, es decir, cuanto más unificadora, más cierta será. Esta es simplemente una creencia religiosa compartida por todos los científicos y es profundamente compatible con la creencia en un Creador Supremo (si bien los

científicos tienen objeciones para hacer esta conexión)¹.

En general la ciencia tiene como meta lograr una explicación total de todos los aspectos de la realidad (en las dos últimas décadas, la teoría del caos incluso ha intentado esclarecer fenómenos tales como el clima, que antes parecía desafiar la explicación científica).

El Tao de la Física, Fritjof Capra, dice: “Las partículas subatómicas [en realidad] no tienen sentido como entidades aisladas ... La teoría cuántica revela una unicidad básica del universo. ... No podemos descomponer el mundo en unidades pequeñas que existen en forma independiente ... La naturaleza no nos muestra ningún ‘bloque de construcción básico’ aislado sino que aparece como una

¹ Timothy Ferris (autor de *The Red Limit - The Search for the Edge of the Universe*, Bantam, 1981), escribió, produjo y narró un programa especial de ciencia para PBS: “La creación del Universo”. La búsqueda de una teoría de campo unificada y la posibilidad de encontrarla “son testimonio del triunfo de la vieja idea que sostiene que toda creación puede estar regida por un solo y elegante principio”.

Ferris dice: “La religión y la ciencia a veces se presentan como si fueran adversarios, pero la ciencia le debe mucho a la religión. La ciencia moderna comenzó con el redescubrimiento, en el Renacimiento, de la antigua idea griega de que la naturaleza es racionalmente inteligible. Pero desde el principio la ciencia incorporó la idea, igualmente importante, de que el universo realmente es un universo, un solo sistema regido por un solo conjunto de leyes. Y la ciencia adquirió esa idea de la creencia en un solo Dios...”

Los fundadores de la ciencia moderna – Kepler y Copérnico, Isaac Newton e incluso Galileo, por todos los problemas que tuvo con la Iglesia – eran hombres profundamente religiosos.

No estoy diciendo que hay que creer en Dios para hacer ciencia. Ateos y agnósticos han ganado Premios Nobel, al igual que cristianos, judíos, hindúes, musulmanes y budistas. Pero la investigación científica moderna, especialmente la de la teoría unificada, da testimonio del triunfo de la antigua idea de que toda creación puede estar regida por un solo y elegante principio.” (Programa especial sobre la ciencia de PBS: “La creación del Universo”).

complicada red de relaciones entre las distintas partes del todo” (página 78).

ii-Belleza

“Lo que recuerdo con más claridad es que cuando yo hacía una sugerencia coherente y razonable, Einstein ni si quiera la consideraba; sólo decía, ‘Oh, qué horrible’. Cuando le parecía que una ecuación era fea, perdía el interés en ella y no podía entender cómo otra persona estaba dispuesta a perder tiempo en analizarla. Estaba muy convencido de que la belleza era un principio rector en la búsqueda resultados importantes en la física teórica”. (H Bondi en *A Zee*, pág. 3).

No hay razón para que un científico asuma que todo el mundo y las teorías que lo describen (incluidas aquellas que son matemáticamente muy abstractas) sean bellas. Desde un punto de vista puramente secular, las teorías científicas pueden ser tanto lindas como feas. Nuevamente, esto es parte de la religión de la ciencia.

Paul Dirac asegura: “Es más importante tener belleza en una ecuación que hacer que ésta encaje en el experimento”. (Paul Davies, *Superforce*, pág. 54)

A Zee (pág. 3):

Algunas ecuaciones físicas son tan feas que no soportamos mirarlas, ni mucho menos escribirlas. ¡El Diseñador Supremo solo utilizaría ecuaciones bellas al diseñar el universo!. Proclamamos:

Ocupémonos primero de la belleza y la verdad se encargará de sí misma.

La estética se ha convertido en una fuerza que impulsa a la física contemporánea.

Los físicos han descubierto algo extraordinario: la naturaleza, en su nivel básico, está maravillosamente diseñada.

(pág. 4)

Los imperativos estéticos de la física contemporánea forman un sistema de estética que se puede formular con rigurosidad.

A medida que examinamos la naturaleza a niveles más profundos se nos presenta cada vez más bella. ¿Eso a qué se debe?

Ver también Paul Davies, *Superforce*, pág. 68, último párrafo.

Simetría

Las simetrías simples se ven por todas partes en la naturaleza. Cualquier cosa que tenga forma circular o cuadrada, los copos de nieve, las reflexiones, todos son simétricos. El descubrimiento de simetrías más profundas en la naturaleza ayudó a desentrañar los secretos de la física más elevada. Como dice Paul Davies: “Las fuerzas son simplemente el intento de la naturaleza por mantener diversas simetrías abstractas en el mundo”. (*Superforce*, Davies, pág. 7; ver también pág. 112-116)¹

¹ El descubrimiento de estas simetrías ocultas es muy significativo dado que, superficialmente, todo en la naturaleza parece exigir lo contrario, es decir, que las cosas sean ligeramente asimétricas. En *El Legado de Lucifer*, Frank Close escribe que si la creación hubiese sido perfecta y su simetría hubiese permanecido intacta, jamás habría ocurrido nada de lo que sabemos ahora. El mundo está compuesto de materia y antimateria. La antimateria es exactamente lo contrario de la materia; es su partícula espejo, simétrica. Cuando una partícula de materia se encuentra con su antipartícula espejo, se produce una aniquilación mutua. Los físicos del CERN, Centro Europeo para la Física de las Partículas en Ginebra, pueden ver cómo sucede este fenómeno y lo contrario, mientras una gran concentración de energía se coagula para constituir las dos formas de sustancia: la materia, como la conocemos, y la antimateria que es su imagen espejo.

Una creación perfecta, con sus simetrías intactas, habría dado como resultado a la materia y la antimateria en un equilibrio preciso y una aniquilación mutua cuando inmediatamente después se recombinaron: Un universo preciso y simétrico se habría desvanecido inmediatamente

después de haber aparecido. Una sopa cósmica uniforme de ese tipo no tenía muchas posibilidades de provocar el universo asimétrico del que somos parte hoy, donde la antimateria no parece estar ausente.

Sin embargo, otra teoría establece que ambos fueron igualmente hechos en la Creación. Poco tiempo después algo intercedió, la simetría entre la materia y la antimateria se fue perdiendo lentamente, con el resultado de que después de la gran aniquilación, quedaron restos de una pequeña proporción de materia. Esos remanentes son los que nos dieron forma a nosotros y a todo lo que nos rodea tal como lo vemos. Somos el sobrante material de lo que debe haber sido una Creación mucho más importante.

Los científicos también ven la necesidad de la asimetría en las cuatro fuerzas. Cada una de ellas tiene una fortaleza diferente. Por ejemplo, necesitábamos una fuerza gravitacional débil para fusionar materias en el sol. Pero el calor del sol proviene de una fuente electromagnética mucho más fuerte, mientras que la fuerza utilizada en la transmutación de hidrógeno en el sol es mucho más débil que la de la fuerza electromagnética. Si la fuerza que maneja el horno solar fuese tan poderosa como la electromagnética, todo el combustible solar se habría acabado en un período de quinientos mil años – un tiempo demasiado corto como para que surja la vida en la tierra, o en cualquier otra parte. Esta separación de la fuerza electromagnética y su muy apropiado nombre “fuerza débil” no es más que una de las asimetrías esenciales que ha sido necesaria para nuestra existencia.

Lo mismo ocurre con la asimetría en los átomos, los bloques de construcción de toda la vida. Pequeños electrones se mueven a su alrededor rápidamente, se cruzan con otros electrones e irradian energía. El centro del átomo está compuesto de un núcleo con carga positiva. Todas excepto una de las dos mil partes de masa de un átomo residen en este núcleo central. Las positivas, que son demasiado pesadas como para moverlas con facilidad, tienden a quedarse y formar las plantillas de solidez. Esta asimetría en la masa es crucial en la estructura de los materiales.

Al parecer la vida prospera en la asimetría espejo, una distinción entre izquierda y derecha en la estructura básica de moléculas orgánicas. Las proteínas de agua y el ADN tienen formas distintas a las de sus imágenes espejo. Son superficialmente idénticas en todo sentido pero en lo que respecta al intercambio de izquierda y derecha, podríamos haber esperado que ambas formas sean igualmente abundantes en la naturaleza. Sin embargo, eso no es así; la vida es asimétrica como un espejo. Esto no es solamente una cuestión de que existan más

derechos que zurdos, o de que nuestro corazón y estómago se encuentren generalmente en nuestro lado derecho. Los aminoácidos y la moléculas de vida de alguna manera tienen la habilidad de saber que existen y de ser concientes del universo; sus imágenes espejo son inorgánicas, sin vida. La vida elige una forma y la imagen espejo es rechazada.

Cuanto mayor es la profundidad a la que miramos, más aparente y supuestamente necesaria es la asimetría como para que pueda surgir cualquier cosa 'útil'. Sin embargo, si continuamos en la profundidad, todo emerge simétrico una vez más.

El eje de gran parte de la investigación actual consiste en entender de qué manera la naturaleza oculta las simetrías, produciendo estructuras por fuera de la uniformidad subyacente.

Lo que sigue fue tomado de *Scientific American*, julio de 2002, *Uncovering Supersymmetry*, escrito por Jan Jolie:

Los principios de simetría ocurren a través de la física de maneras que uno no esperaría. Por ejemplo, la ley de conservación de energía se puede derivar de un principio de simetría que utiliza el flujo del tiempo.

La teoría de la relatividad especial de Einstein es una teoría de simetrías de espacio y tiempo vacíos. Los efectos tales como la contracción de la longitud y las dilaciones de tiempo, que aplanan a los rápidos relojes y hacen que sean lentos, son operaciones del grupo de simetrías, algo similar a rotar nuestro punto de vista en el espacio pero teniendo al tiempo como parte de las "rotaciones". Las fuerzas principales están regidas por simetrías de indicación. La conservación de la carga eléctrica es consecuencia de otra simetría.

La supersimetría es una simetría notable. En la física elemental de las partículas, intercambia partículas de tipos completamente diferentes, las denominadas fermiones (como los electrones, protones y neutrones), que forman el mundo material, y las llamadas bosones (como los fotones) que generan la fuerza de la naturaleza. En la física cuántica las partículas se dividen en bosones y fermiones. La diferencia entre éstos dos es la siguiente: en un conjunto de partículas, si se intercambian dos fermiones iguales (por ejemplo, cambiar de lugar dos electrones), la totalidad del estado cuántico del conjunto se invierte. (Imaginemos que la cresta y la base de una ola se intercambian). Por el contrario, si intercambiamos dos bosones idénticos, el estado se mantiene inalterado. Esas características dieron como resultado el principio de exclusión de Pauli, que evita que dos fermiones tengan el mismo estado, y que dos bosones tengan la propensión a agruparse en un estado en común, como ocurre en los rayos

láser y en las condensaciones de Bose-Einstein. En cambio, los bosones prefieren reunirse en estados idénticos, como lo demuestran los átomos de helio 4 en un superfluido.

Podemos expresar lo mismo de la siguiente manera: los fermiones son los individualistas y solitarios del mundo de la partícula cuántica: no es posible que dos fermiones ocupen el mismo estado cuántico. Su aversión a la compañía es lo suficientemente fuerte como para retener una estrella de neutrón para que no colapse incluso cuando el peso aplastante de la gravedad ha excedido a cualquier otra fuerza de la naturaleza. En cambio los bosones son simpáticos imitadores y se aglutinan en estados idénticos. Cada boson en un estado en particular alienta a más miembros de su especie a que lo emulen. En las condiciones apropiadas, los bosones forman regimientos armados de clones, como los fotones de un rayo láser o los átomos de un superfluido de helio 4.

De alguna forma, en el espejo de la supersimetría los fermiones, que son distantes, mágicamente se muestran como los bosones, que son sociables, y viceversa. Podríamos decir figurativamente que es una simetría que nos permite comparar a las manzanas con las naranjas. Al mostrar una manzana en el espejo de la supersimetría su reflejo tiene el gusto y el aspecto de una naranja.

En la década de 1980 los teóricos nucleares predijeron que podría existir una forma distinta de supersimetría en ciertos núcleos atómicos. Los núcleos con números pares de protones y neutrones y también los de números impares.

Al asociar los bosones con los fermiones y viceversa, la supersimetría abre el camino a una nueva clase de relaciones posibles entre las partículas. Estas relaciones redundan en un gran poder computacional para analizar o predecir el comportamiento de un sistema.

Las simetrías de la predicción son de un tipo especial y son conocidas como simetrías dinámicas. Las ordinarias se ven igual cuando las enfrentamos a un espejo. Nuestra mano izquierda es aproximadamente como la imagen de la mano derecha que vemos en el espejo. Por el contrario, las simetrías dinámicas no se relacionan con los objetos en sí mismos sino con las ecuaciones que rigen la dinámica de los objetos.

Para que las partículas conocidas obedezcan a la supersimetría cada una de ellas debe tener una "supercompañera"; cada boson debe tener un fermion correspondiente y viceversa. Las partículas conocidas no tienen las propiedades adecuadas para ser una la compañera de la otra, por lo que se predicen nuevas partículas. El modelo estándar se extiende al modelo estándar supersimétrico. Los compañeros fermionicos postulados utilizan los

iii-Sencillez

Por razones prácticas, los científicos siempre buscan explicar las cosas con la fórmula más simple posible. Esto permite que las cosas complejas con muchas variables sean más fáciles de manejar y de usar. Pero no hay ninguna razón para creer que todo en el universo puede ser reducido de esa forma, ni tampoco que por el hecho de que una teoría es más simple que otra, es por lo tanto más verdadera. Pero los científicos sí creen eso. Desde un punto de vista puramente científico, no hay ninguna razón racional por la cual el mundo deba ser explicado con una fórmula más simple y no con una compleja. Resulta irónico que la Iglesia precisamente le discutía a Copérnico que el hecho de que su teoría era más simple (y más elegante), no indicaba que era más verdadera. (Copérnico había propuesto un sistema heliocéntrico de movimiento planetario en contraposición a la doctrina de Ptolomeo aceptada por la Iglesia, que consistía en un ingenioso y preciso pero muy complicado sistema de círculos, con diversos radios, inclinaciones y diferentes cantidades y direcciones de excentricidad).

iv-Paradigmas

En el punto **E vi**, hemos visto que una teoría vieja continúa siendo utilizada incluso cuando ha sido refutada, ya sea porque sigue siendo precisa y más simple que la más nueva (la física newtoniana), porque la nueva aún no se ha encontrado, o porque la comunidad científica tiene tanta fe en esa teoría que ignora las objeciones contra ella y sostiene que se solucionarán

nombres de photino, gluino, Wino, Zino, gravitino y higgsino. Los compañeros bosónicos tienen una 's' agregada a sus nombres: selectron, smuon, squark, etc. Ninguna de estas partículas ha sido detectada aún.

de alguna manera en el futuro. También hemos visto que la ciencia utiliza ciertas creencias (unidad, sencillez, belleza) que son simplemente axiomas que no han sido probados. “La ciencia repudia a la filosofía. En otros términos, nunca le ha importado justificar su fe o explicar su significado.” (Bertrand Russell, *The Will to Doubt*, pág. 65).

Todo esto es lo que Thomas Kuhn denomina un paradigma de la ciencia. En períodos de tranquilidad sólo algunas preguntas son consideradas legítimas dentro de la comunidad científica y por lo tanto solo un cierto tipo de respuestas serán dadas. Kuhn afirma que se trata de incógnitas, de problemas que no pondrán al paradigma en tela de juicio. Un paradigma no es tan solo una teoría o un conjunto de teorías, sino una manera de mirar el mundo. A veces resulta muy difícil para los científicos imaginar algo que está fuera de ese paradigma. En 1894 Albert Michelson, el primer gran físico en determinar la velocidad de la luz, afirmó: “las leyes más fundamentales y los hechos más relevantes de la ciencia física han sido descubiertos y ahora están tan firmemente establecidos que la posibilidad de que alguna vez sean reemplazados por nuevos descubrimientos es extremadamente remota. Nuestros descubrimientos futuros deben ser buscados en el sexto lugar de los decimales”. Treinta años después de esta afirmación, casi todas las teorías que él consideraba irremplazables fueron refutadas. Un paradigma específico se mantiene hasta que se presentan anomalías y se propone un nuevo paradigma revolucionario, como la teoría de la relatividad de Einstein. No se descarta de plano al paradigma anterior. El nuevo debe luchar contra el viejo y de hecho una teoría correcta podría ser rechazada inicialmente por la mayoría de la comunidad científica por ser demasiado radical para el pensamiento de ese momento. Entre los ejemplos de estas nuevas teorías podemos incluir los siguientes: la teoría de las ondas

de luz de Thomas Young, la fermentación de Pasteur, la de la genética de Mendel, la de los gérmenes en las enfermedades de Louis Pasteur, el descubrimiento de la asepsia de Joseph Lister, y el hallazgo de Ignaz Semmelweis de que ¡es necesario lavarse las manos antes de examinar pacientes!

Generalmente son los científicos jóvenes los que proponen y aceptan el nuevo paradigma mientras que los más viejos se adhieren al anterior. Max Planck, uno de los descubridores de la teoría cuántica, sostenía que las viejas ideas solo se mueren junto con aquellos que las pregonan.

(Paul Feyerabend (en contra del método) ha llevado esto aún más lejos al afirmar que los factores no racionales predominan en la ciencia. La mayoría de los científicos no está de acuerdo con este enfoque radical. (Ver Apéndice **H iii** para más detalles).

Joao Maguijo escribió lo siguiente en *Scientific American*, enero de 2001, *Plan B for the Cosmos*:

...Destronar la constancia de G ha sido una moda exquisita. Por el contrario, la

velocidad de la luz, c , ha permanecido incólume. La razón es clara: la constancia de c y su estatus de límite universal de la velocidad son las bases de la teoría de la relatividad. Y el hechizo de la relatividad es tan fuerte que la constancia de c ahora se une a todas las herramientas matemáticas de las que dispone el físico. “Cambiar c ” ni si quiera es una mala palabra; simplemente no está presente en el vocabulario de la física.

La noción fundamental de la Inflación es que para una onda de luz en un universo en expansión, la distancia desde el punto de partida es más larga que la distancia viajada. La razón es que la expansión continúa ampliando el espacio cubierto... Regiones aparentemente separadas podrían haberse comunicado entre ellas y haber logrado una temperatura y una densidad común. Cuando culminó la expansión inflacionaria, estas regiones comenzaron a perder la comunicación.

Lo mismo habría ocurrido si la luz hubiese viajado más rápido en los inicios del universo de lo que viaja actualmente. A medida que la velocidad de luz se desaceleraba, estas regiones habrían quedado sin contacto.

APÉNDICE A: EL BIG BANG

i–El estado de la cosmología hoy

ii-Descripción

iii-Pruebas de la teoría del Big Bang

a-Desplazamiento al rojo – Efecto Dopler

b-Las ondas de radio mostraron cambios en el universo

c-Radiación cósmica de fondo

d-COBE

e-Entropía

f-Composición del Universo

iv-Reacciones al descubrimiento del Big Bang.

v-Teoría Inflacionaria

vi-¿Qué pasó antes del Big Bang?

vii-¿Qué pasó después del Big Bang?

viii-Una descripción narrativa del descubrimiento del Big Bang

ix-¿Sigue expandiéndose el universo?¿Cómo terminará?

APÉNDICE A: EL BIG BANG

i-El estado de la cosmología hoy

Al reflexionar sobre el estado actual de la cosmología, Dennis Overbye¹ hizo el siguiente comentario: *“Hasta el siglo XXI era fácil reírse de los cosmólogos haciendo juicios de valor sobre el destino del universo o el comportamiento de las galaxias a miles de millones de años luz de distancia, con muy poca evidencia.*

En los últimos años, con el advenimiento de los nuevos instrumentos como el Telescopio Espacial Hubble y otros observatorios del espacio, con una nueva generación de sus primos gigantes en el suelo y con redes de computación cada vez más rápidas, la cosmología está ingresando en una “era de oro” en la que los datos finalmente están superando a la especulación.

Como resultado de esto, los cosmólogos están comenzando a convergir en lo que denominan un “modelo estándar” del universo que está llegando al punto máximo de su ambición. Pretende pintar, al menos con amplias pinceladas, la historia cósmica desde el milisegundo posterior al comienzo del tiempo, cuando el universo era un hervidero de energía y partículas subatómicas, pasando por la formación de átomos, estrellas, galaxias y planetas, hasta llegar a un futuro vasto, diluido y oscuro en el que todos éstos habrán muerto.

Los cosmólogos afirman que el universo nació hace 14 mil millones de años² en el Big Bang. La mayor parte de

sus restos materiales residen en nubes enormes e invisibles de lo que ellos llaman materia oscura³, que todavía no ha sido identificada.

En la actualidad los científicos están de acuerdo en que es posible argüir que el universo continuará expandiéndose eternamente e incluso este proceso podría acelerarse bajo la influencia de la “energía oscura” que es aún más misteriosa que la materia oscura”.

Parece ser que los cosmólogos ahora están respondiendo algunos de los grandes interrogantes que han tenido desde la década de 1920. Por otro lado, en una fecha reciente como es el mes de julio de 2002, el Dr. Marc Davis, cosmólogo de la Universidad de California en Berkeley, lo denominó “una traba al universo lleno de cosas exóticas que no tienen sentido para nadie”.

Asimismo, existen otras preguntas que los científicos todavía no saben cómo formular, ni mucho menos responder, científicamente. ¿Existía algo antes del Big Bang? ¿Existe un rol para la vida en el cosmos? ¿Por qué hay algo en lugar de nada? ¿Lo sabremos algún día?

“Sabemos mucho, pero aún así entendemos muy poco”, dijo el Dr. Michael Turner, cosmólogo de la Universidad de Chicago.

ii-Descripción

Esta teoría postula que toda la materia explotó hacia afuera desde un punto extremadamente caliente al principio del

¹New York Times, julio de 2002

² Recientemente, un grupo de astrónomos guiados por el Dr. William Percival de la Universidad de Edinburgo estableció que el universo tiene 13.890 millones de años, con un margen de error de 500 mil millones de años.

³ Solo el 4,8 % está compuesto de materia ordinaria. La materia de todos los tipos, conocida y desconocida, luminosa y oscura, representa solo el 27,5%. El resto de la creación, 72,5 % es la misteriosa energía oscura.

tiempo medible¹. En cuestión de segundos este proceso se desaceleró y la materia comenzó a enfriarse², pero el universo

¹ Fred Hoyle, un cosmólogo inglés, fue el primero en denominar *Big Bang* a este proceso. Hoyle tenía la intención de menospreciar la teoría pero el nombre era tan pegadizo que ganó popularidad. Sin embargo, es incorrecto describir la expansión como un tipo de explosión de materia lejos de un punto específico en el espacio. Lo que en realidad está ocurriendo es el desdoblamiento del espacio mismo. La expansión se parece a un pan con pasas de uva que se eleva. La masa es análoga al espacio y las pasas a un conjunto de galaxias. A medida que la masa se expande, las pasas se mueven. La velocidad a la que dos pasas se mueven está relacionada directa y positivamente con la cantidad de masa que las separa.

² En un instante preciso hace aproximadamente 12 mil millones de años, toda la materia y la energía que observamos, que se concentraba en una región más pequeña que una moneda, comenzó a expandirse y enfriarse a una velocidad increíblemente rápida. Para el punto en el que la temperatura había bajado a 100 millones de veces menos que la del centro del sol, las fuerzas de la naturaleza adoptaron las propiedades que tienen actualmente, y las partículas elementales conocidas como *quarks* se movían libremente en un mar de energía. Cuando el universo se había expandido 1.000 veces más, toda la materia que podemos medir ocupaba una región del tamaño del sistema solar.

En ese momento, los *quarks* libres quedaron atrapados en neutrones y protones. Después de que el universo creciera nuevamente 1.000 veces más, los protones y neutrones se combinaron y formaron los núcleos atómicos incluyendo la mayor parte de helio y deuterio que están presentes actualmente. Todo esto ocurrió en el primer minuto de la expansión. La temperatura todavía era demasiado elevada como para que los núcleos atómicos capturaran a los electrones. Los átomos neutrales aparecieron en abundancia luego de que la expansión continuara durante 300,000 años y el universo era 1.000 veces más pequeño de lo que es ahora. Los átomos neutrales comenzaron a fusionarse en nubes de gas que luego evolucionaron y se transformaron en estrellas. Cuando el universo se había expandido a un quinto de su tamaño actual, las estrellas habían formado grupos de pequeñas galaxias. Cuando tenía la mitad de su tamaño actual, las reacciones nucleares en las estrellas habían producido la mayoría de los elementos pesados de los cuales estaban hechos los planetas. Nuestro sistema solar es relativamente

continúa expandiéndose hasta nuestros días.

Antes de la existencia del Big Bang, la teoría científica aceptada era la del Estado Estacionario, que sostenía que el mundo siempre había existido.

“El Big Bang ... no fue un evento que sucedió dentro del universo; fue el comienzo de la existencia del universo, como un todo, literalmente desde la nada”. (Davies, *Superforce*, pág. 16). Todo, la materia, la energía, e incluso el espacio y el tiempo comenzaron a existir en ese preciso instante. Los científicos creen que pueden describir en detalles cuáles eran las condiciones del comienzo del universo, instante por instante, desde cuando tenía 10-35 segundos de vida. No pueden explicar (aunque ha habido intentos) qué pasó antes de eso ni tampoco cómo fue posible que la materia, la energía, el espacio y el tiempo comenzaran a existir de la nada.

La teoría del Big Bang no implica que podamos identificar el centro del universo. Esto solo ocurriría si hubiera algo muy similar a una explosión en un vacío ya existente. Pero no existió tal vacío. El espacio fue creado por el Big Bang. Por ende, el universo se expande del mismo modo en todas partes, sin un centro identificable.

El universo podría expandirse por siempre, en cuyo caso todas las galaxias y las estrellas se tornarían oscuras y frías. La alternativa este gran enfriamiento es el llamado *big crunch*. Si la masa del universo es lo suficientemente grande, la gravedad invertirá la expansión y toda la materia y energía se reunirán.

Dado que los investigadores están mejorando las técnicas para medir la masa del universo, durante la próxima década podríamos saber si la expansión actual se

joven: se formó hace cinco mil millones de años, cuando el universo tenía un tamaño equivalente a dos tercios del que tiene actualmente.

dirige hacia un gran enfriamiento o hacia un *big crunch*¹.

iii-Las pruebas de la teoría del Big Bang

James Peebles, un importante cosmólogo, escribió lo siguiente en *Scientific American* en enero de 2001, como parte de un artículo más extenso:

En los últimos 70 años hemos reunido abundante evidencia de que nuestro universo se está expandiendo y enfriando. En primer lugar, la luz de galaxias distantes se va enrojeciendo, como debería ocurrir si el espacio se expandiera y galaxias se separaran unas de otras. En segundo lugar, un mar de radiaciones termales llena el espacio, como ocurriría si el espacio hubiese sido más denso y más caliente. En tercer lugar, el universo contiene grandes cantidades de deuterio y de helio como ocurriría si alguna vez las temperaturas hubieran sido mucho más altas. En cuarto lugar, las galaxias de hace

miles de millones de años se ven mucho más jóvenes, como debería suceder si es que estuvieron cerca del momento en el que no existió ninguna galaxia. Finalmente, la curvatura del espaciotiempo parece estar relacionada con el contenido material del universo, como debería ocurrir si el universo se está expandiendo de acuerdo con las predicciones de la teoría de la gravedad de Einstein, la Teoría General de la Relatividad.

El hecho de que el universo se esté expandiendo y enfriando es la esencia de la teoría del Big Bang. Como se puede apreciar, no he mencionado nada sobre una “explosión” – la teoría del Big Bang describe cómo está evolucionando nuestro universo, no cómo comenzó.

Los cosmólogos siguen pensando a medida que la evidencia continúa demostrando que nuestro universo no se parece a ninguna otra cosa que hayamos imaginado hace apenas algunos años: la expansión universal se acelera en lugar de reducir su velocidad. Una “energía oscura”, repulsiva, misteriosa, parece estar alimentando la aceleración, sofocando la tendencia de la expansión a desacelerarse. Pero los científicos no están seguros de qué es esa energía oscura..

a-Desplazamiento al rojo - Efecto Doppler

Entre 1913 y 1925 Vesto Slipher comenzó a descubrir que muchas galaxias en el universo se están expandiendo, alejándose de nosotros a altas velocidades. En 1923, Edwin Hubble demostró que todo el universo se está expandiendo en todas las direcciones a una velocidad uniforme (lo que ahora conocemos como la Constante de Hubble)². Cuánto mas

¹ Se espera que en un futuro cercano nuevos experimentos nos aporten una mejor comprensión del Big Bang. Las nuevas mediciones de la velocidad de expansión y de las edades de las estrellas están comenzando a confirmar que estas últimas sí son más viejas que el universo en expansión. Los nuevos telescopios tales como el Keck, que mide 10 metros, ubicado en Hawaii, y el Telescopio Espacial Hubble que mide 2,5 metros, en conjunto con otros telescopios nuevos que se encuentran en el Polo Sur y con los nuevos satélites que buscan la radiación cósmica, así como los experimentos de nuevos físicos que investigan la “materia oscura”, nos permitirían ver de qué manera la masa del universo afecta la curvatura del espaciotiempo, que a su vez influye en nuestras observaciones de galaxias distantes.

También continuaremos estudiando otras cuestiones que la cosmología del Big Bang no aborda. No sabemos por qué existió un Big Bang ni qué podría haber existido antes de eso. Tampoco sabemos si nuestro universo tiene hermanos – otras regiones en expansión muy apartadas de lo que podemos observar. No entendemos por qué las constantes fundamentales de la naturaleza tienen los valores que tienen.

² Las mediciones de Hubble indicaban que el desplazamiento al rojo de una galaxia distante es mayor al de una cercana a la tierra. Esta relación, que ahora conocemos como la Ley de Hubble, es lo que uno esperaría en un universo que se expande

uniformemente. Esta ley afirma que la recesión de la velocidad de una galaxia es igual a su distancia multiplicada por una cifra denominada Constante de Hubble. El efecto del desplazamiento al rojo en galaxias cercanas es relativamente sutil y requiere de buenos instrumentos para detectarlo. En cambio, el desplazamiento al rojo de objetos muy distantes --galaxias radiales y cuásares-- es un fenómeno sorprendente; algunos parecen alejarse a más del 90% de la velocidad de la luz.

Hubble contribuyó con otra parte importante de este escenario. Contó las galaxias visibles en distintas direcciones en el cielo y descubrió que están distribuidas con de una forma relativamente uniforme. El valor de la Constante de Hubble parecía ser el mismo en todas las direcciones – una consecuencia necesaria de la expansión uniforme. Investigaciones modernas confirman el principio fundamental de que el universo es homogéneo a grandes escalas. Aunque los mapas de la distribución de las galaxias cercanas muestran aglomeración, las investigaciones más profundas revelan una uniformidad considerable.

La vía láctea, por ejemplo, reside en un puñado de veinticuatro galaxias; a su vez éstas son parte de un complejo de galaxias que sobresalen del denominado supergrupo. La jerarquía del agrupamiento ha sido rastreada hacia dimensiones de aproximadamente 500 millones de años luz. Las fluctuaciones en la densidad de materia promedio disminuyen a medida que aumenta la escala de la estructura que se investiga. En los mapas que cubren distancias cercanas al límite observable, la densidad de materia promedio cambia en menos de un décimo de uno por ciento.

Para probar la ley de Hubble, los astrónomos deben medir las distancias a las galaxias. Uno de los métodos de calcular la distancia es observar el brillo aparente de una galaxia. Si es cuatro veces mas tenue que otra galaxia similar, se puede estimar que está dos veces más lejos. Esta estimación ahora ha sido probada en todo el rango de distancias observables.

Algunos críticos de la teoría han señalado que una galaxia que aparenta ser más pequeña y más tenue podría no estar a mayor distancia. Afortunadamente, existe un indicador directo de que los objetos cuyos cambios rojos son más largos sí están más distantes. La evidencia proviene de observaciones de un efecto conocido como lente gravitacional [ver la ilustración en la página siguiente]. Un objeto tan enorme y compacto como una galaxia puede comportarse como una lente con poca definición y provocar una imagen distorsionada, ampliada (o incluso muchas imágenes) de cualquier fuente de radiación que se encuentra por detrás de ella. Un objeto de este tipo se comporta de esta manera al doblar las vías de los

lejos de nosotros está una estrella, mayor es la velocidad a la que se aleja. Esto significa que en algún momento del pasado todo el universo debe haber estado contraído.

El movimiento de las estrellas que se alejan de la tierra hace que tengan un color rojizo (se desplazan hacia el lado rojo del espectro de colores). Cuanto mayor es la distancia entre una estrella y la tierra, más rápido se aleja y por lo tanto es mayor el Desplazamiento al rojo. Esto es parecido al tono de una sirena: es más alto cuando se nos acerca y más bajo cuando se aleja. Como la onda de sonido tiene que viajar más lejos para alcanzarnos, cada longitud de onda siguiente es más larga. Lo mismo ocurre con la luz: la longitud de onda de la luz de una galaxia que se aleja de nosotros se expande hacia la longitud de onda más larga o más roja.

b-Las ondas de radio mostraron cambios en el universo

A principios de los años sesenta, Martin Ryle y sus colegas de Cambridge descubrieron que existían muchas más fuentes de ondas de radio a una distancia lejana que en las cercanías. De acuerdo con la forma de medir el tiempo de los astrónomos, las ondas de radio de estos objetos distantes habrían tardado miles de millones de años en acercarse a nosotros. Fueron emitidas desde su fuente cuando el

rayos de luz y de otras radiaciones electromagnéticas. De manera que si una galaxia está asentada en la línea de visión entre la Tierra y otros objetos distantes, doblará los rayos de luz del objeto para que sean observables. [ver "*Gravitational Lenses*," de Edwin L. Turner; *Scientific American*, julio de 1988]. Durante la última década, los astrónomos descubrieron alrededor de veinticuatro lentes gravitacionales. El objeto que se encuentra detrás de la lente siempre tiene un desplazamiento al rojo más elevado que la lente en sí, lo cual confirma la predicción cualitativa de la ley de Hubble.

universo estaba en un estadio anterior y nos proporcionan una imagen de cómo era el universo en ese momento. El hecho de que fuera tan diferente de lo que es actualmente, se oponía a la teoría de un Estado Estacionario.

c-Radiación cósmica de fondo

En 1965 Arno Penzias y Robert Wilson de *Bell Labs* descubrieron una radiación de resplandor continua y tenue de 3 grados sobre cero absoluto en el intenso y caluroso Big Bang, esparcida uniformemente sobre la totalidad del universo.

Este descubrimiento de Penzias y Wilson fue completamente casual. Las mediciones mostraban que la tierra no podía ser la fuente de esta radiación y que esta última tampoco podía provenir desde la luna, el sol o algún otro objeto en particular en el cielo. Su fuente parecía ser el universo entero. La radiación que descubrieron Penzias y Wilson tiene exactamente las longitudes de onda que se obtienen para la luz y el calor producidos en una gran explosión.

Las lecturas satelitales recientes de la radiación de fondo (ver **COBE** más abajo) son mayores al 99,9% de lo que predice la teoría.

Esta radiación se conoce con el nombre de fondo cósmico de microondas (FCM). Dado que fue emitida hace 15 mil millones de años y no ha interactuado en forma significativa con nada desde ese momento, obtener una imagen clara del FCM es como trazar un mapa de los inicios del universo¹.

¹ La radiación cósmica de fondo tiene dos propiedades distintivas. Primero, es prácticamente la misma en todas las direcciones, como lo predijo la teoría del Big Bang. Segundo, el espectro es muy parecido al de un objeto en equilibrio térmico a 2,726 grados Kelvin sobre cero absoluto. Se esperaba que el fondo cósmico fuese así de bajo debido a la expansión del universo.

d-COBE

El descubrimiento de la Radiación Cósmica de Fondo alentó a los astrónomos a obtener dos grupos de observaciones fundamentales que revelarían algunos de los detalles básicos sobre el nacimiento del universo. La primera meta era medir el espectro de la radiación cósmica para determinar si se ajustaba a la forma de radiador ideal que predecían la mayoría de las teorías cosmológicas. La segunda meta, más desafiante aún, consistía en encontrar pequeñas cantidades de radiación que llegaban de distintas direcciones en el espacio. Estas diferencias habrían surgido de desigualdades locales muy pequeñas en la densidad de la materia durante el período en el que los fotones se separaron unos de otros y los átomos comenzaron a formarse. Los teóricos creían que esas variaciones eran las “semillas” que causaron la formación de las galaxias. Para probar éstas teorías se lanzó en 1989 el Explorador Cósmico de Fondo COBE [por sus siglas en inglés de *Cosmic Background Explorer*]. Para 1992, el COBE había confirmado ambas observaciones lo cual llevó a uno de los colaboradores, George Smoot, a afirmar lo siguiente sobre las diferencias en la intensidad de radiación: “Si eres religioso, es como mirar a D-s”. (*Scientific American* marzo de 1997, págs 110-112) .

La radiación cósmica de fondo aporta pruebas directas de que el universo sí se expandió de un estado denso y caliente ya que ésta es la condición necesaria para producir la radiación. En los inicios de ese universo, las reacciones termonucleares produjeron elementos más pesados que el hidrógeno, como deuterio, helio y litio. Los científicos calculan que la mezcla de los elementos de luz apareció más tarde, como producto de las reacciones termonucleares que potencian a las estrellas. Toda la evidencia indica que los elementos lumínicos fueron producidos en ese joven universo que era caliente, mientras que los más pesados....

[N de T: texto original incompleto].

El COBE detectó variaciones minúsculas -solo una parte en 100.000- en la temperatura de la radiación. Estas variaciones aportaron evidencia sobre la existencia de pequeños cuerpos granulares protuberancias en el plasma principal. Luego éstos evolucionaron y se transformaron en las estructuras a gran escala del cosmos: las galaxias y los grupos de galaxias que existen actualmente.

A fines de la década de 1990 muchos detectores con base en la tierra y otros instalados en globos aerostáticos observaron el FCM con una resolución angular mucho más precisa que la del COBE... Las observaciones también son compatibles con la teoría de la inflación que establece que hubo un período de expansión fenomenalmente rápido en los primeros momentos posteriores a la gran explosión del Big Bang [10^{-38} de un segundo]¹. Este año Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio tiene planeado lanzar la Investigación de Anisotropías de Microondas (IAM), que expandirá las observaciones precisas del FCM a todo el cielo. La nave espacial Planck de la Agencia Espacial Europea, cuyo lanzamiento está programado para

¹ La evidencia más palpable de la inflación sería la observación de ondas gravitacionales inflacionarias. En 1918 Albert Einstein predijo la existencia de ondas gravitacionales como consecuencia de su teoría de la relatividad general. Al igual que los rayos X les permiten a los médicos observar a través de sustancias que la luz visible no puede penetrar, las ondas gravitacionales deberían permitir a los investigadores ver fenómenos astrofísicos que no se pueden ver de otra manera. Las ondas gravitacionales nunca han sido detectadas de manera directa. El plasma que llenó el universo durante sus primeros 500.000 años resultaba opaco a la radiación electromagnética porque todos los fotones emitidos se esparcían inmediatamente en la sopa de partículas subatómicas. Por lo tanto, los astrónomos no pueden observar las señales electromagnéticas anteriores al FCM. Por el contrario, las ondas gravitacionales pudieron propagarse a través del plasma.

2007, realizará un mapeo aún más detallado².

² Un telescopio en el este de Australia ha detectado lo que parece ser una tenue huella de ondas, muy parecidas a las de sonido, que se habrían introducido a través de los gases del universo reciente. Los científicos han sostenido durante mucho tiempo en sus teorías que esas ondas eran las semillas de las estructuras brillantes que existen en el cielo actualmente.

Esas huellas fueron descubiertas dentro de los cuerpos de estructuras filamentosas formadas por decenas de miles de galaxias que el telescopio observó en las proximidades cósmicas de la Tierra. Las conclusiones ... provinieron del mapeo más grande y detallado que jamás se le haya realizado a una galaxia e incluyeron el posicionamiento de alrededor de 170,000 galaxias. Los científicos descubrieron que había huellas de ondas de tamaños específicos, o longitudes de onda, escondidas entre los cuerpos y filamentos irregulares, que según los cosmólogos fueron generadas en el nacimiento explosivo del universo. Se cree que las ondas sembraron los gases primordiales con pequeñas irregularidades que luego se transformaron en galaxias y grupos.

De confirmarse, éstas observaciones serían las primeras aproximaciones de los científicos a un bosquejo de la estructura del universo.

Una investigación mucho más amplia que se está llevando a cabo en la actualidad, denominada *Sloan Digital Sky Survey* en la que participan Estados Unidos, Alemania y Japón determinaría, entre otras cosas, un millón de posiciones en la galaxia en los próximos años.

El problema de cómo pudieron formarse estructuras como las galaxias y los grupos de galaxias ha sido una dificultad constante para los científicos que estudian la teoría del Big Bang, la gran explosión en la que aparentemente comenzó el universo. Las primeras mediciones de la radiación cósmica de fondo emitida desde los gases calientes del universo reciente, parecen demostrar que éste era liso y monótono, sin irregularidades que podrían haber concebido estructuras granulares como las galaxias.

Pero en 1992, un satélite de la NASA llamado Explorador de Fondo Cósmico o COBE, tomó mediciones muy sensibles de la radiación y detectó variaciones de temperatura diminutas, sugiriendo de este modo la existencia de las denominadas ondas acústicas esparcidas en el universo primigenio.

Luego, las mediciones de la radiación encontraron una serie "tonos" discretos, o longitudes de ondas, que según las predicciones de los teóricos probablemente se generaron durante la explosión. Pero aunque se cree que estas ondas fueron las

e-Entropía

La segunda ley de termodinámica de Clausius es la que sostiene que cada día el universo se torna más y más desordenado. Se considera que este es un proceso irreversible. Aunque podamos ver algunas cosas, como las plantas, que se desarrollan a un elevado nivel de orden, esto ocurre únicamente a expensas del universo como un todo.

Si colocamos sustancias químicas en un frasco cerrado, algunas de ellas pueden reaccionar, puede producir calor, algunas podrían transformarse en otras, etc. Finalmente, los contenidos del frasco se asientan a una temperatura uniforme y no ocurre nada más. Ahora el frasco ha llegado a su estado de entropía máxima (conocido como equilibrio termodinámico).

Dado que el universo está muy ordenado y lo estaba aún más en el pasado, es posible concluir que éste no existió siempre: de ser así habría llegado a su estado máximo de entropía hace mucho tiempo. En algún momento del pasado el universo debe haber estado muy agitado, probablemente en el momento del Big Bang.

Los científicos dan por sentado que todas las leyes se aplican en todo el universo y de hecho esto ha sido cierto por lo general. Se supone entonces que la gravedad funcionaría en el otro lado del cosmos del mismo modo en que funciona aquí. Es curioso que la entropía, si bien se conocía desde los tiempos de Newton, nunca fue aplicada de esta manera hasta que se presentaron muchas otras pruebas a favor del Big Bang. Si los científicos hubiesen ignorado el hecho de que el

semillas que permitieron que otras galaxias y estructuras se fusionaran, hasta ahora no hay ninguna evidencia directa a favor de las ondas en la confusión de los cielos actuales. (Basado en un artículo del New York Times de mayo de 2001).

universo estaba agitado en algún momento, desafiando a la ley de entropía, la pregunta lógica habría sido quién o qué lo agitó. Las implicancias teológicas incómodas de este ???¹ ... la teoría del Big Bang durante dos siglos.

f-Composición del Universo

Los elementos que hacen chocar los átomos, que empujan las partículas subatómicas hasta alcanzar energías muy elevadas, produjeron resultados que les permitieron a los investigadores calcular que al principio el universo debió haber estado compuesto por tres cuartos de hidrógeno y un cuarto de helio. Cuando los astrónomos inspeccionan las estrellas y nebulosas más antiguas, se encuentran con que están compuestas de esa misma mezcla casi con exactitud.

iv-Reacciones al descubrimiento del Big Bang

Robert Jastrow, un famoso astrónomo que afirma ser agnóstico, describe cuán resistente fue la comunidad científica a aceptar el Big Bang, porque parecía apuntar a una creación de D-s:...la reacción de la comunidad astronómica fue desde escéptica hasta hostil. (*G-d and the Astronomers*, pág. 17)

Esta enorme resistencia inicial a la teoría se fundamentaba completamente en los prejuicios seculares dominantes en ese momento. (Ver L. Kelemen *Permission to Believe, the Cosmological approach*). Uno de esos escépticos era Einstein. Willem de Sitter y Alexander Friedmann mostraban dos soluciones diferentes de la Teoría de la Relatividad General de Einstein, que predecían un universo que explotó. Pero Einstein objetaba ambas soluciones

¹ N de T: texto original incompleto.

cometiendo de este modo dos errores matemáticos básicos e inusuales. Ignoró la carta que le envió Friedmann en la que este último probaba su afirmación y respondió a la publicación científica en la que aparecieron los resultados de Friedmann señalando que tales resultados eran sospechosos. Luego fue obligado a admitir su error, y después de que Edwin Hubble probara la cuestión en forma decisiva (ver más abajo) aceptó que el universo en expansión era verdadero. Sin embargo le escribió a de Sitter que “esta circunstancia [de un Universo que se expande] me irrita”. En otra carta afirmó que “admitir esa posibilidad parece no tener sentido”.

Al respecto Jastrow dice (pág 29): “Este lenguaje emocional resulta curioso para un debate de fórmulas matemáticas. Supongo que la idea de un comienzo del tiempo le molestaba a Einstein por las implicancias teológicas que presentaba. Sabemos que tiene un sentimiento muy bien definido con respecto a D-s, pero no como el Creador y el Movilizador Supremo. ...Cuando Einstein vino a Nueva York en 1921 un Rabino le envió un telegrama preguntándole, ‘Ud. cree en D-s?’ y Einstein replicó, ‘Creo en el D-s de Spinoza, que se revela en el universo ordenado de lo que existe...”

Aún así, otros seguían sosteniendo la teoría de estado estacionario hasta la década de 1960 cuando las pruebas del Big Bang ya eran abrumadoras. Actualmente todos los científicos aceptan alguna versión de la teoría.

Uno de los astrónomos más influyentes del mundo, Allan Sandage, afirmó recientemente que contemplar las majestuosidad del Big Bang le ayudó a convertirse en un creyente en D-s y a estar dispuesto a aceptar que la Creación solo se puede explicar como un milagro. (U.S.

News & World Report, 20 de julio de 1998)¹

v-Teoría inflacionaria

La novedosa Teoría Inflacionaria es una modificación de la del Big Bang. Fue propuesta por primera vez por Alan H. Guth de Santafor² en 1979 y tiene mucho apoyo de los científicos actualmente.

La inflación establece que hubo un tiempo, inmediatamente después del Big Bang, en el que la gravedad, en lugar de atraer los objetos unos a otros, se invirtió e hizo que se repelieran. Esto produjo un crecimiento estupendo del universo durante un período corto antes de que la gravedad se invirtiera nuevamente y que el universo se asentara en el tipo de expansión que vemos hoy³.

¹ En el especial de ciencias de PBS “La Creación del Universo”, entrevistaron a Sandage quien alguna vez fue alumno de Hubble y continuó la mayor parte de su carrera en el Observatorio Mt. Palomar avanzando con el trabajo de su maestro. Al comentar el hecho científico del Big Bang, el comienzo de la expansión, dijo: “Como astrónomos, no podemos decir nada excepto ‘Este es un milagro –lo cual parece casi supernatural; un evento que cruzó el horizonte y se encontró con la ciencia a través del Big Bang’. ¿Es posible regresar hacia el otro lado, fuera de la barrera? ¿Se puede encontrar finalmente la respuesta [a la pregunta] ‘por qué hay algo y no nada?’ No se puede. No desde adentro de la ciencia. Pero sigue siendo un misterio increíble: ¿Por qué hay algo en lugar de nada?”

² En la actualidad está en el MIT.

³ Una forma de entender este proceso es observar el agua cuando se congela. En algunas circunstancias, un vaso de agua puede permanecer en estado líquido cuando la temperatura baja a menos de 32 grados, hasta que se la mueve, y en ese punto se congela rápidamente, liberando el calor latente. Del mismo modo, el universo podría “superenfriarse” y permanecer en un estado uniforme durante mucho tiempo. En ese caso, el espacio estaría temporalmente imbuido de una especie misteriosa de calor latente o de energía. Insertada en las ecuaciones de Einstein, la energía latente actuaría como un tipo de antigravedad, y el universo explotaría, de acuerdo con los

El resultado de estas inversiones de gravedad es que el mundo no siempre se expande a una velocidad uniforme. En el principio hubo un período de expansión muy rápida debido a un vacío negativo. Este último crea una energía que expulsa y repele toda gravedad que empuje hacia la dirección contraria. En un estadio posterior, esta energía de vacío se acabó y el mundo se desaceleró hasta llegar al tipo de expansión vemos hoy.

La inflación explicó muchos de los problemas que el Big Bang no logró aclarar, incluyendo la uniformidad en la luminosidad de los universos, el hecho de que el espacio es relativamente plano y no curvo¹ y también por qué el universo

descubrimientos logrados en un cálculo del Dr. Guth en 1979.

En mucho menos de lo que tardamos en abrir y cerrar los ojos, en 10-37 segundo, un punto mucho más pequeño que un protón se habría agrandado hasta alcanzar el tamaño de un pomelo y luego habría comenzado nuevamente a expandirse con mayor lentitud, con toda la historia cósmica normal ante él, dando como resultado el universo observable actual – un área de cielo y estrellas a 14 mil millones de años luz de distancia. Todo esto con la lógica aparentemente mágica de las ecuaciones de Einstein, de una conjunto de cosas primigenias.

“El Universo”, le gustaba decir al Dr. Guth, “podría ser el último almuerzo gratis”.

El Dr. Guth denominaba ‘inflación’ a su teoría. La inflación, decía, explica por qué el universo se está expandiendo. El Dr. Turner de la Universidad de Chicago se refería a ella como es “la dinamita detrás del Big Bang”. (Dennis Overbye, New York Times, julio de 2002).

¹ Si los teóricos de la inflación están en lo cierto, el universo que vemos, los 14 mil millones de años luz, son solo una ínfima parte de un universo mucho más grande, o incluso un grupo de varios de ellos, que estarán siempre fuera del alcance de nuestra vista. Según la teoría, nuestra pequeña porción de cosmos debería ser geométricamente “plana”, del mismo modo en que una parte de un globo se ve plano si lo miramos de cerca. Este era el universo del que durante mucho tiempo se pensó que era el más hermoso y simple.

contiene cuerpos granulares de materia en forma de estrellas y galaxias².

La inflación tiene algunos problemas y por eso hay varias teorías inflacionarias diferentes, ninguna de las cuales se ha erigido como definitiva. (*Scientific American*, junio de 1997, págs. 15 y 16).

vi-¿Qué ocurrió antes del Big Bang?

El Big Bang presume que hubo una explosión desde una partícula infinitamente densa. ¿De dónde vino esa primera partícula?

Robert Jastrow escribe lo siguiente (págs. 121-5):

“Algunos científicos mordieron la bala y se atrevieron a preguntar ¿Qué hubo antes del principio? El físico británico Edmund Whittaker escribió un libro sobre religión y la nueva astronomía llamado *The Beginning and End of the World* [El comienzo y el fin del mundo] en el que

² El universo necesita una pequeña cantidad de cuerpos granulares para que la materia recoja cosas y forme estrellas y planetas. Sin embargo, la uniformidad del universo ocurre solo a un macro nivel. A escalas menores, de acuerdo con la teoría cuántica, la naturaleza es granular, emite pequeñas cantidades de energía uniforme y está irreduciblemente sujeta a ser aleatoria. Como resultado de esto, las fluctuaciones cuánticas habrían dejado cuerpos tenues al principio del universo. Estos serían las semillas gravitacionales para las futuras galaxias y otras estructuras cósmicas.

En 1992 el Explorador de Fondo Cósmico, o satélite COBE, divisó manchas tenues en el resplandor primigenio del radio cósmico. Esto fue posteriormente confirmando por el Telescopio Hubble. Estas eran las semillas a partir de las cuales, según la predicción de la inflación, crecerían grandes estructuras cósmicas.

“Si eres religioso, es como ver a D-s”, dijo el Dr. George Smoot, físico del Lawrence Berkeley National Laboratory que dirigió al equipo del COBE.

dice: ‘No hay argumentos para suponer que la materia y la energía existieron antes y que de repente hubo un impulso de acción. ¿Qué podría distinguir a ese momento de otros momentos en la eternidad?’ Whittaker concluyó que ‘es más simple postular la creación ex nihilo – la voluntad Divina constituye a la Naturaleza desde la nada’. Algunos científicos eran aún más intrépidos y preguntaron ‘¿Quién fue el Primer Movilizador?’ El teórico británico Edward Milne escribió un tratado de matemática sobre la relatividad en el cuál llegó a la conclusión de que ‘en lo referente a la primera causa del Universo, en el contexto de la expansión, ésta se deja para que el lector la inserte, pero nuestro escenario está incompleto sin Él’.

“Pero las opiniones de la mayoría de los físicos y astrónomos se parecía más a la de San Agustín, quien al preguntarse qué estaba haciendo D-s antes de crear el Cielo y la Tierra respondió: ‘Estaba creando el Infierno para la gente que hacía esas preguntas’. De hecho, algunos científicos importantes comenzaron a sentir la misma irritación que antes había expresado Einstein con respecto al Universo en expansión. Eddington escribió en 1931: ‘No tengo ningún interés personal en este debate, pero la noción de un principio me resulta repugnante ... Simplemente no creo que el orden actual de las cosas haya comenzado con una explosión ... el Universo en expansión es absurdo ... increíble ... me deja helado’. El químico alemán Walter Nernst, escribió que ‘negar la duración infinita del tiempo sería traicionar los cimientos más básicos de la ciencia’. Más recientemente Phillip Morrison del MIT afirmó en una película de la BBC sobre la cosmología: ‘Me resulta difícil aceptar la teoría del Big Bang; me gustaría poder rechazarla’. Y Alan Sandage del Observatorio Palomar, quien estableció la uniformidad de la expansión del Universo en diez mil millones de años luz, dijo: ‘Es una

conclusión tan extraña ... no puede ser cierta’.

“Hay una rara mezcla de sentimiento y emoción en estas reacciones. Proviene del corazón cuando uno espera que los juicios de valor vengan del cerebro. ¿Por qué?

“Creo que parte de la respuesta es que los científicos no soportan pensar en un fenómeno natural que no puede ser explicado ni si quiera cuando el dinero y el tiempo son ilimitados. Hay una especie de religión en la ciencia; es la religión de alguien que cree que hay un orden y una armonía en el Universo. Todo hecho puede ser explicado de manera racional como producto de un hecho anterior: todo evento debe tener su causa: no hay una Primera Causa. Einstein decía que el científico está poseído por el sentido de la causación universal. Esta fe religiosa del científico es violada por el descubrimiento de que el mundo tuvo un comienzo en condiciones en que las leyes físicas que conocemos no son válidas y que como producto de las fuerzas o las circunstancias no las podemos descubrir. Cuando eso ocurre, el científico ha perdido el control. Si realmente hubiera examinado las implicancias, estaría traumatizado. Como ocurre cuando nos enfrentamos con el trauma, la mente reacciona ignorando las implicancias – en la ciencia esto se conoce como el “rechazo a la especulación” – o la trivialización del origen del mundo llamándolo Big Bang, como si el Universo fuese un petardo.

“Consideremos la magnitud del problema. La ciencia ha probado que el Universo comenzó a existir en algún momento a causa de una explosión. Ahora se pregunta ¿cuál fue la causa de este efecto? ¿Qué o quién puso la materia en el Universo? ¿Fue creado de la nada o fue una unificación de material preexistente? La ciencia no puede responder a estos interrogantes porque, de acuerdo con los astrónomos, en los primeros momentos de su existencia, el Universo estaba

extraordinariamente comprimido y consumido por el calor de un fuego que supera la imaginación humana. El impacto de ese momento debe haber destruido toda partícula de evidencia que pudiese darnos una pista sobre la causa de la gran explosión. Un mundo entero, rico en estructura e historia, podría haber existido antes de la aparición de nuestro universo; pero si así fue, la ciencia no puede decir qué tipo de mundo era. Tal vez existe una explicación razonable del nacimiento explosivo del Universo; pero si esto es así, la ciencia no puede averiguar cuál es esa explicación. El pasado del científico termina en el momento de la creación.

“...Para el científico que ha vivido por su fe en el poder de la razón, la historia termina como un mal sueño. Ha escalado las montañas de la ignorancia; está a punto de conquistar el pico más alto, mientras se acerca a la roca final es recibido por un grupo de teólogos que han estado sentados allí durante siglos”.

Desde que Robert Jastrow escribió estas palabras, el Big Bang pasó a ser parte de la ortodoxia científica y los científicos han comenzado a preguntarse qué sucedió antes del Big Bang. La pregunta fundamental de por qué hay ‘algo’ evoca teorizaciones insensatas (y mucha filosofía barata) por parte de los físicos que claramente no están entrenados para pensar rigurosamente sobre estas cuestiones, y como apunta Jastrow, poseen un bagaje emocional pobre. Pero incluso un tema tan simple como el surgimiento original de las cosas es altamente problemático para la comunidad científica.

De acuerdo con algunos científicos, dado que la primera partícula era una singularidad (ver **Apéndice F-ii - Agujeros negros**) todas las leyes de la física se dividen y por lo tanto esta última está más allá de los parámetros de la ciencia. Otros afirman que la detonación del Big Bang destruyó toda información posible sobre el estado anterior del

universo y que por lo tanto la pregunta de qué hubo antes era discutible. El astrónomo real Martin Rees de la Universidad de Cambridge dijo al respecto: “Estoy relativamente convencido de que la ciencia puede entender qué ocurrió después del primer milisegundo de la creación porque vemos los fósiles tales como la cantidad de helio en el universo, y éstos se parecen a lo que predice la teoría. Pero un milisegundo antes hay una barrera al entendimiento y comprendemos poco de lo que podría haber sido la física relevante. (*U.S. News and World Report*, 20 de julio de 1998).

Dice el cosmólogo Allan Sandage (citado por Jastrow): “Lo más sorprendente para mí es la existencia en sí misma. ¿Porqué hay algo en lugar de nada?” Este misterio impenetrable, dijo, lo llevó a ser creyente. “¿Cómo es posible que la materia inanimada se pueda organizar para contemplarse a sí misma? Esto está fuera de toda ciencia que yo conozca”.

Stephen Hawking responde: “Algunas personas creen que ... el tema de la situación inicial es un asunto para la metafísica de la religión. Dirían que D-s, al ser Omnipotente, podría haber comenzado el universo de la forma que quisiera. Eso es posible, pero en ese caso Él también podría haber hecho que evolucionara de una manera absolutamente arbitraria. Sin embargo, parece ser que eligió hacerlo evolucionar de una forma muy regular y de acuerdo con ciertas leyes. Resulta entonces igualmente razonable suponer que también existen leyes que rigen el estado inicial”. (*A Brief History of Time*, pág. 11).

Muchos científicos han formulado teorías muy elaboradas que muestran cómo el universo pudo haber producido algo desde la nada. Ninguna de ellas tiene un ápice de evidencia y los mismos científicos admiten que están trabajando sobre especulación pura.

Stephen Hawking propuso un “Universo sin fronteras”, es decir, encerrado en una esfera pero con cuatro dimensiones. Esa esfera sería finita (se empalma en sí misma en lugar de expandirse cada vez más lejos). Sin embargo, para rebatir la evidencia actual que parece indicar que el universo es abierto, Hawking tuvo que decir que el universo tiene forma de esfera y de cuerno simultáneamente, dependiendo del punto de vista que se adopte (es decir, desde qué lugar tomamos una porción del Universo). Pero todo lo que gana Hawking con este modelo complicado es la habilidad de explicar de qué manera podrían las leyes físicas, tal como las conocemos hoy, haber sido aplicadas al Universo desde sus comienzos. Sigue sin explicar cómo llegó allí la primera materia.

Algunos teóricos dejan volar mas lejos su imaginación afirmando que existe un concepto llamado “Madre Universo”, una dimensión atemporal que siempre existió y existirá, y que tiene universos hijos esparcidos en un corredor de tiempo interminable. Uno de los intentos de cristalizar este enfoque consiste en invocar el modelo inflacionario de la Teoría del Big Bang. Según esta última el período inflacionario del Big Bang surgió como resultado de un vacío (negativo) producido por la enorme energía que llevó a la Gran Explosión. (Ver el punto iv más arriba – **Teoría Inflacionaria**). Estos teóricos se valen del hecho de que las partículas (llamadas partículas virtuales) suelen aparecer de la nada en un espacio vacío, así como también de la idea igualmente inentendible de las fluctuaciones cuánticas. Pero esto termina explicando un asunto que no entendemos (qué pasó antes del Big Bang) con otro que tampoco comprendemos. ¡Cualquier cosa con tal de evitar invocar a D-s! Además, las partículas virtuales que aparecen de repente siempre son muy pequeñas y

fugaces; algo bastante distinto a lo que contienen las Grandes Explosiones.

vii-¿Qué sucedió después del Big Bang?

Los científicos proponen la siguiente línea de tiempo posterior al Big Bang (en años):

10 –51	El espacio y el tiempo se separan
10 –44	Inflación cósmica
10 –18	Surge el electromagnetismo
10 – 5	Se crean los núcleos atómicos
10 6	Se forman las primeras estrellas

El gran misterio para los cosmólogos es la serie de eventos que ocurrieron en menos de un milisegundo después del Big Bang, cuando el universo era extraordinariamente pequeño, caliente y denso. Las leyes de la física con las que estamos familiarizados nos proporcionan pocos elementos para explicar qué sucedió durante este período crítico ... Pero para comprender por qué el universo adoptó esta forma, debemos remontarnos más atrás, a la primerísima fracción de un microsegundo. Ese esfuerzo requiere ... que los físicos encuentren una manera de relacionar la teoría de la relatividad general de Einstein, que rige las interacciones a gran escala en el cosmos, con los principios cuánticos que se aplican a distancias muy cortas. (Martin Rees, *Scientific American*, diciembre de 1999, pág. 47)¹

¹ En la creación reciente de un plasma de quark (descrito a continuación) los científicos estuvieron a un paso más cerca de imitar el Big Bang: *Scientific American*, abril de 2000, **Bolas de fuego de Quarks libres**, pág. 8:

Un plasma de quark-gluon (PQG), en el que se derriten cientos de protones y neutrones, forma una feroz sopa de quarks y gluones que circulan libremente. El universo estaba compuesto de esa mezcla de quarks 10 microsegundos después del Big Bang, hace aproximadamente 15 mil millones de años.

Aproximadamente un millón de años después del Big Bang, el universo se enfrió e ingresó en las eras oscuras, que duraron cientos de millones de años y finalizaron solo cuando se habían formado suficientes estrellas y galaxias como para que su luz disipe la niebla.¹

En agosto de 2001, un grupo de astrónomos anunció que había encontrado lo que se denominó el renacimiento cósmico, la época en que los torrentes de estrellas comenzaron a moverse libremente por el Universo. El anuncio fue realizado unos días después de que otro equipo informara que había descubierto las eras cósmicas oscuras, el tiempo anterior a aquel en el que las estrellas y las galaxias comenzaron a brillar.²

Siete experimentos ... en los últimos seis años en el CERN ... utilizaron núcleos de plomo ... arrojados casi a la velocidad de la luz en una lámina de metal...

Normalmente, los quarks quedan encerrados dentro de sus partículas controladoras Separar los quarks que son componentes de una partícula insume una gran cantidad de energía.

A densidades de energía lo suficientemente altas ... en lugar de ser un enorme grupo de hadrones calientes que chocan y reaccionan, la bola de fuego se transforma en una gran nube de quarks y gluones. La enorme energía y presión del plasma del quark-gluon hacen que éste explote hacia afuera. La temperatura y la densidad disminuyen y rápidamente se vuelven demasiado bajas como para sostener el estado de plasma. Los quarks nuevamente se agrupan en pares con rapidez, formando hadrones incoloros. La bola de fuego, que ahora está compuesta de hadrones, continúa expandiéndose y enfriándose y finalmente los hadrones vuelan hacia los detectores.

El proceso ... imita lo que sucedió durante el Big Bang.

¹ O, en términos técnicos, ionizó el gas hidrógeno que invadía el universo.

² Ambos grupos de mediciones fueron realizados observando partes del universo cuya luz ahora es observable desde la Tierra. Las observaciones de Sloan apuntaban a esa niebla en relación con el objeto más distante que se conoce en el universo, un cuásar o faro cósmico, con un brillo equivalente al de miles de millones de soles. El cuásar parece haber estado brillando cuando las eras oscuras

¿Qué ocurrirá en el futuro?

En 1998, dos grupos de astrónomos que competían asombraron al mundo científico con la noticia de que la expansión del universo parecía estar acelerándose bajo la influencia de una antigravedad misteriosa incrustada en el espacio³. Los científicos, quienes no podían justificar el fenómeno, lo llamaron “Energía Oscura”. En lugar de atraer a las partículas a la manera de la gravedad, ésta energía las repelería⁴.

estaban finalizando. Por el contrario, el equipo del Dr. Djorgovski examinó un cuásar que está levemente menos distante y que por lo tanto emitía su luz cien millones de años más recientemente, después de que finalizaron las eras oscuras.

Al igual que dos luces de calle distantes, una dentro de un banco de niebla y la otra afuera, los cuásares se ven distintos cuando son observados con telescopios poderosos, aparentemente confirmando que el universo atravesó un cambio sustancial cuando tenía alrededor de 900 millones de años.

³ Esto nos trae evocadoras reminiscencias de la vieja constante cosmológica de Einstein, presumiblemente en descrédito.

⁴ De acuerdo con el principio de incertidumbre, un pilar de la teoría cuántica, el espacio vacío no estaba vacío, sino repleto de energía de las llamadas partículas virtuales que brillaban dentro y fuera de la existencia con energía prestada. Esta ‘energía vacía’ podía repeler o atraer, al igual que en la vieja constante cosmológica de Einstein. La cuestión de la energía oscura se tornó aún más fuerte un año más tarde, cuando las observaciones del fondo cósmico mostraron evidencias de un universo plano. Dado que los astrónomos solo pudieron encontrar un tercio de la materia, tanto oscura como luminosa, que necesitaban las leyes de Einstein para crear una geometría plana, a ésta había que agregarle algo más.

¿Qué es la energía oscura? La pregunta ahora pende sobre el universo.

¿Es realmente el viejo factor *fudge* de Einstein que regresó para acechar a sus hijos? En ese caso, a medida que el universo se expanda y el volumen del espacio aumente, según los astrónomos, la propulsión causada por la energía oscura también aumentará, acelerando el alejamiento de las galaxias unas de otras cada vez más rápido y

Si la energía oscura es real y la aceleración continúa, las galaxias se alejarán unas de otras tan velozmente que no podrán verse. El universo se tornaría frío y vacío a medida que la aceleración succione la energía necesaria para la vida y el pensamiento¹.

Si el universo continuará expandiéndose o si cambiará su curso y colapsará (el *big crunch*), depende de la cantidad total de materia² oscura (oculta, no identificable y que contraería al universo) así como de la energía oscura (que lo expandiría) que existen en él y de la gravedad que ésta ejerce. Hay muchos indicios de la existencia de la materia oscura³. Muchas galaxias, por ejemplo,

llevándonos a un nefasto futuro oscuro. (Dennis Overbye, New York Times, julio de 2002).

¹ Dennis Overbye, New York Times, julio de 2002.

² Pero ¿qué es la materia oscura? Si bien parte de ella está compuesta de gases u objetos oscuros como, las estrellas y los planetas, los cosmólogos especulan que la mayor parte son partículas subatómicas que quedaron como restos del Big Bang.

Muchas variedades de estas partículas fueron predichas por teorías físicas de alta energía. Pero su existencia no ha sido confirmada ni detectada por los aceleradores de partículas.

“Nosotros los teóricos podemos inventar todo tipo de basura para llenar el universo”, afirmó el Dr. Sheldon Glashow, físico de Harvard y ganador del Premio Nobel, en una conferencia sobre la materia oscura en 1981.

Conocidas como WIMPs [por su sigla en inglés], las partículas masivas de interacción débil no responderían al electromagnetismo, la fuerza responsable de la luz, y por lo tanto serían incapaces de reflejarla. También se moverían relativamente despacio o serían “frías” en la jerga de la física, y por eso adoptarían el nombre de materia oscura fría. (Dennis Overbye, New York Times, julio de 2002).

³ Dado que durante sus viajes la tierra atravesó la nube de materia oscura que presumiblemente cubre la Vía Láctea, las partículas se habrían disparado través de nuestros cuerpos, casi sin dejar huella, como la luz de la luna en una ventana. Pero según los cosmólogos, la gravedad colectiva de esas partículas le habría dado forma al cosmos y a sus contenidos.

están rotando tan rápido que se volarían si no fuesen frenadas por la gravedad de los halos de materia oscura. Dado que esto es desconocido y no ha sido explicado los científicos no pueden dar una respuesta final al respecto.

En un universo de alta densidad, el espacio sería curvo o estaría envuelto en sí mismo como una pelota. Un Universo así, finalmente terminaría de expandirse y caería en un big crunch que extinguiría el tiempo y el espacio así como también a las galaxias y las estrellas que lo habitan. Por

Uniéndose a lo largo de las líneas de falla que fueron dejadas por las perturbaciones aleatorias de densidad al inicio del universo, la materia oscura se habría transformado en nubes con una masa del tamaño aproximado de 100.000 soles. La materia ordinaria que se mezcló con ella se habría enfriado, luego habría caído en los centros de las nubes y finalmente se habría iluminado como las estrellas.

Posteriormente, las nubes habrían atraído otras nubes. A través de una serie de fusiones durante miles de millones de años, las nubes más pequeñas se habrían ensamblado en galaxias y éstas a su vez se habrían ensamblado en grupos de miles de galaxias y así sucesivamente.

Utilizando el Hubble y otros telescopios como máquinas del tiempo – la luz viaja a una velocidad finita, de manera que cuanto mayor es la distancia a la que los astrónomos observan más atrás pueden ver en el tiempo – los cosmólogos han comenzado a confirmar que el universo sí se ensambló “de abajo hacia arriba” como predice el modelo de la materia oscura.

El año pasado, dos equipos de astrónomos informaron que habían visto las primeras estrellas que terminaban de consumirse en el fuego del período nublado posterior al Big Bang, cuando el universo tenía solo 900 millones de años. La mayor parte de la formación de las galaxias ocurrió cuando el universo tenía entre un la mitad y un cuarto de su edad actual, según afirman los cosmólogos...

Sin embargo, todavía quedan muchas preguntas que el modelo de materia oscura fría no responde. Los astrónomos aún no saben, por ejemplo, cómo se formaron las primeras estrellas o por qué los modelos de distribución de materia oscura no encajan en los centros de algunos tipos de galaxias. Tampoco han sido detectadas o identificadas sin ambigüedades las partículas de materia oscura, a pesar de los experimentos continuos. (Dennis Overbye, New York Times, julio de 2002).

el contrario, si el universo fuese de baja densidad, tendría una curvatura contraria o “abierto” similar a la de una montura para caballos, sería más difícil de imaginar y se expandiría por siempre.

En el medio se encontraba un universo “Ricitos de Oro” sin una cobertura externa y con la densidad necesaria para expandirse por siempre pero más lentamente, de manera que después de un tiempo infinito se detendría. Éste era un universo “plano” en la jerga cosmológica, y para muchos teóricos la solución más simple y matemáticamente más bella de todas ¹.

Las estimaciones actuales revelan que el universo contiene solo un 30% de la materia que se necesitaría para detener la expansión. Recientes observaciones de supernovas indicaron que la expansión en realidad se estaba acelerando. Algunos astrónomos dicen que las observaciones son pruebas de una fuerza extra-repulsiva que supera a la gravedad a escalas cósmicas – lo que Albert Einstein denominó constante cosmológica. (Martin Rees, *Scientific American*, diciembre de 1999, pág. 46)

Un físico, el Dr. Linde², ha afirmado que la inflación puede ocurrir una y otra vez, generando una cadena interminable de universos, uno a partir del otro, como burbujas dentro de otras burbujas. “El universo se agranda en su parte superior”, dijo recientemente el Dr. Linde en una conferencia de físicos. “Eso está ocurriendo ahora mismo”. Por supuesto toda esto no es nada más que una especulación inteligente.

Sin embargo, otros físicos han señalado que las teorías de la física moderna están repletas de campos de fuerza misteriosos, que en su conjunto se llaman “quintaesencia”, que podrían existir o no, pero que temporalmente

¹Dennis Overbye, *New York Times*, julio de 2002.

² El Dr. Linde propone una nueva teoría llamada “inflación caótica”.

podrían producir gravedad negativa e imitar la acción de la constante cosmológica. En ese caso, se acabaron todas las apuestas sobre el futuro. El universo podría acelerarse y luego desacelerarse, o viceversa, a medida que suban o bajen los campos de energía oscura.

Una tercera posibilidad es que la energía oscura no existiría en absoluto, en cuyo caso no solo el futuro, sino todo el rompecabezas de la cosmología cuidadosamente construido podría ser puesto en duda. Los efectos de la aceleración cósmica pueden ser imitados, según los astrónomos, por el polvo inusual en el universo lejano o por cambios insospechados en las características de las supernovas a través del tiempo cósmico. Como resultado de esto, más grupos se unen a los equipos originales buscando cazar nuevas supernovas y otras formas de medir los efectos de la energía oscura en la historia del universo³.

Para todas las respuestas que se están cosechando, subsisten algunas preguntas antiguas y ahora se les han unido otras nuevas.

La idea de un universo plano es la solución matemática más atrayente de las ecuaciones de Einstein, de acuerdo con los cosmólogos. Pero lo que los deja perplejos es la receta específica, las grandes porciones de materia y energía oscuras, que eligió la naturaleza. El Dr. Turner la llamó “Universo absurdo”.

Pero el Dr. Martin Rees, un cosmólogo de la Universidad de Cambridge, afirmó que el descubrimiento de un principio más profundo que rija el universo, y quizás, la vida, podría alterar nuestra visión de lo que nos resulta fundamental. Algunas características del universo que ahora son consideradas fundamentales – como la mezcla exacta de materia oscura, energía oscura y cosas regulares en el cosmos – podrían resultar ser meros accidentes de la evolución en

³ Dennis Overbye, *New York Times*, julio de 2002.

uno de los tantos universos que permite la inflación eterna.

“Si tuviésemos una teoría, sabríamos si hubo muchos big bangs o un solo”, afirmó el Dr. Rees. Muchos científicos sospechan que la respuesta a estos interrogantes deberá esperar a la unificación final de la física, una teoría que reconcilie la relatividad de Einstein, que describe el tamaño del universo, con el caos cuántico que vive en él.

La teoría de la gravedad cuántica es necesaria para describir los primeros momentos del universo, cuando era tan pequeño que incluso el espacio y el tiempo deben haber sido desordenados y discontinuos.

Durante dos décadas, muchos físicos habían apostado a la gravedad cuántica a partir de la teoría de las cuerdas, que postula que las partículas elementales son cuerdas diminutas que vibran en un espacio de 10 u 11 dimensiones. Cada tipo de partícula, en cierto sentido, corresponde a una nota diferente en la cuerda.

En principio, la teoría de las cuerdas puede explicar todas las fuerzas de la naturaleza. Pero incluso quienes adhieren a ella aceptan que sus ecuaciones son solo aproximaciones a una teoría desconocida que ellos llaman Teoría-M, donde “M” significa matriz, magia, misterio o incluso madre, como en “madre de todas las teorías”. Además, los efectos de la “física de las cuerdas” solo son evidentes en energías que siempre estarán más allá de los límites de los aceleradores de partículas.

Algunos teóricos que apoyan esta teoría de las cuerdas se han aventurado en la cosmología, esperando descubrir algún efecto que aparezca en el cielo, el pobre acelerador de partículas del hombre. Además de las cuerdas, la teoría incluye membranas o “branas” de varias dimensiones. Nuestro universo puede ser pensado como una membrana flotando en un espacio de mayores dimensiones como si fuese una hoja en un tanque de peces,

quizás con otros universos membrana cerca. Estas membranas podrían interactuar gravitacionalmente o incluso chocar, iniciando de esta forma el Big Bang.

En una versión presentada el año pasado por cuatro cosmólogos dirigidos por el Dr. Steinhart de Princeton, otra membrana habría chocado varias veces con la nuestra. Se atraviesan unas a otras, ida y vuelta, lo cual genera que el universo experimente una cadena eterna de grandes explosiones.

Estas nociones probablemente representen el futuro para aquellos que reciben dinero por maravillarse con el universo.

Y los frutos de este trabajo podrían hacer que los cosmólogos reconsideren su nuevo consenso, advirtió el Dr. Peebles de Princeton, quien ha actuado como la conciencia de la comunidad cosmológica, tratando de poner frenos a las tendencias que se ponen de moda.

Él se pregunta si la situación actual puede ser comparada con otro momento en la historia, alrededor del año 1900, cuando mucha gente pensaba que la física estaba esencialmente acabada y el físico inglés Lord Kelvin afirmó que solo quedaban un par de “nubes” para estudiar.

“Unos pocos chismes molestos que resultaron ser la relatividad y la teoría cuántica”, las dos revoluciones de la ciencia del siglo XX, dijo el Dr. Peebles. Asimismo, hay otras nubes actualmente como las que él denominó “el sector oscuro” que podrían tener una física más complicada de lo que los cosmólogos creen.

Nunca tendremos una respuesta firme en cuanto al destino del universo, afirmó el Dr. Sandage, que era el protegido de Hubble y lo había visto todo. “Es como preguntarse ‘¿existe Dios?’”, dijo¹.

¹ Todo el texto en cursiva fue editado de Dennis Overbye, New York Times, julio 2002.

viii-Una descripción narrativa del descubrimiento del Big Bang

Por Tanya Weissman, Moreshet:

En 1913, en el Observatorio Lowell en Flagstaff, Arizona, Vesto Melvin Slipher, Ph.D. en astronomía, estaba investigando lo que parecía ser otra galaxia ordinaria a punto de comenzar a existir. Pero en lugar de encontrar estrellas moviéndose dentro de la estructura regular, descubrió que se movían alejándose de la tierra a velocidades que llegaban a un millón de millas por hora. Al continuar investigando, Slipher descubrió otras galaxias en la misma área; todas se alejaban de la tierra a velocidades sorprendentemente altas. Para 1925, Slipher había descubierto 42 galaxias que se apartaban de la tierra a velocidades muy altas. Presentó sus conclusiones en el encuentro de la *American Astronomical Society* en 1914 y fue muy ovacionado. Aunque los astrónomos presentes no estaban muy seguros de lo que significaban los descubrimientos de Slipher, se dieron cuenta de que eran esenciales para entender los comienzos del mundo.

En 1916, del otro lado del Atlántico, un joven científico llamado Albert Einstein publicó su Teoría General de la Relatividad. Estas ecuaciones resolvían muchos de los problemas científicos de ese momento. Le envió su trabajo a un matemático holandés, Willem de Sitter, quien afirmó que la única forma de que la teoría de Einstein funcionara era que el universo explotase y todas las galaxias se moviesen desde un punto central a velocidades enormes. De Sitter le escribió a Einstein sobre su descubrimiento, pero no recibió respuesta. En 1922, un matemático ruso, Alexander Friedmann, llegó a la misma conclusión respecto del universo en expansión después de haber estudiado las ecuaciones de Einstein y descubrir un simple error matemático.

Friedmann contactó a Einstein para informarle sobre el error, pero éste ignoró su carta también.

Debido a las interrupciones en la comunicación a causa de la Primera Guerra Mundial, ni de Sitter ni Friedmann conocían el descubrimiento de las decenas de galaxias en retirada que Vesto Slipher había visto en el Observatorio Flagstaff. Después de la guerra, Slipher, de Sitter y Friedmann compartieron sus descubrimientos con Einstein. Este último objetaba las hipótesis planteadas por los otros con respecto a un universo no estático. Decía: “Esta circunstancia de un universo en expansión es irritante. Admitir esa posibilidad no tiene sentido para mí¹”. Si se podía descubrir que el universo se está expandiendo, también se podía descubrir que la energía de la explosión original nunca se desaceleraría por la fuerza gravitacional entre las estrellas que se expanden y los planetas, y esto probaría que el modelo de expansión es verdadero. De esta manera se estaría admitiendo la existencia de una fuerza supernatural creativa.

Friedmann siguió adelante con este asunto y publicó sus descubrimientos en la revista científica *Zeitschrift für Physik*. Cuando logró probar el error de Einstein, este último finalmente lo aceptó y afirmó que probablemente Slipher, de Sitter y Friedman tenían razón. De todos modos, como nada se había probado en forma absoluta, Einstein dijo: “aún no he caído en manos de los curas”².

En 1925, en el Observatorio Mount Wilson en California, los astrónomos Edwin Hubble y Milton Humason descubrieron que todas las galaxias ubicadas a una distancia de 100 millones de años luz se estaban alejando de la tierra.

¹ Jastrow, *Have Astronomers Found God?* pág. 29. New York Times Magazine, 25 de junio de 1978.

² Stanley L. Jaki, *From Scientific Cosmology to a Created Universe*, en *Intellectuals Speak Out About God*, Roy Varghese, pág. 76.

Esto era suficiente para probar finalmente que la teoría estática del universo era incorrecta. En 1929, Hubble formuló lo que luego se conoció como la Ley de Hubble: cuanto más lejos está una galaxia, más rápido se mueve. Esta era en realidad una de las ideas que predijo Einstein en la teoría de la relatividad. Ahora, tanto la teoría como la observación apuntaban a un universo en expansión. Pero de nuevo, probablemente por las implicancias teológicas, Einstein seguía obstinado con respecto a su posición contraria a un universo no estático. En 1930, Einstein visitó a Hubble para estudiar sus descubrimientos. Al concluir la reunión Einstein admitió con renuencia: “Las nuevas observaciones de Hubble y Humason ... hacen que parezca posible que la estructura general del universo no sea estática”¹. A pesar de todo esto, al momento de su muerte en 1955, Einstein no estaba completamente convencido de la idea de un universo en expansión.

En 1965, dos empleados de Bell Telephone Laboratories, Arno Penzias y Robert Wilson, estaban trabajando en un problema con un detector de radio ultra sensible específico. Al parecer, sin importar a qué dirección orientaran el detector, éste recogía un extraño ruido de fondo. Después de investigar todas las posibilidades, hicieron un último intento para reparar el inconveniente. Desmantelaron todo el sistema y lo ensamblaron nuevamente, pero el mismo ruido, un zumbido de 3 grados Kelvin (“zumbido 3K”) continuaba. Penzias y Wilson comenzaron una investigación sobre esta inexplicable interferencia “3K”. Descubrieron que este zumbido 3K se puede encontrar en cualquier parte del universo observable, lo cual corroboraba lo que había escrito un alumno de un estudiante de Friedmann en un ensayo. Este trabajo afirmaba que los ecos de la

explosión más reciente del universo en el ciclo expansión-contracción deberían ser detectables en una forma débil de radiación de alrededor de 5 grados Kelvin. Continuaron estudiando al descubrir un error matemático se dieron cuenta de que el eco debería ocurrir a 3 grados Kelvin. Por descubrir el eco de la explosión más grande del universo, el Big Bang, Penzias y Wilson recibieron el Premio Nobel.

Como resultado del descubrimiento del zumbido 3K, se realizaron más investigaciones en torno a las teorías del Big Bang. Otra hipótesis basada en la relatividad general consistía en que las temperaturas extremadamente altas momentos después del Big Bang habrían producido un universo compuesto de 75% de hidrógeno y 25% de helio. También esta predicción fue confirmada. Fue en ese momento que colapsó oficialmente el modelo estático del universo. Quedaban dos descripciones posibles sobre su naturaleza: el modelo de la oscilación y el de la expansión. El factor decisivo es la relación entre la fuerza gravitacional existente entre los planetas y las estrellas que se alejan (G) y la fuerza de la energía de la explosión inicial (E). Si G es más grande que E, queda probado el modelo de la oscilación. Si G es menor que E, el modelo de la expansión es el correcto e indica la participación de una fuerza creativa supernatural.

Algunos científicos han concluido que la clave para responder a esta pregunta se encuentra en el grado de densidad del universo. Si contiene un átomo de hidrógeno cada diez pies cúbicos de espacio, eso significaría que (G) es suficiente como para superar la energía de las explosiones y finalmente provocar una contracción del universo. Pero si se descubre que en realidad hay menos de esa cantidad, (G) no es lo suficientemente grande como para superar a (E), lo cual indica que el universo se expandirá hasta que se quemé.

¹ Jastrow, *Have Astronomers Found God?* pág. 55. New York Times Magazine, 25 de junio de 1978

Entre 1965 y 1978 se realizaron muchas investigaciones para medir la densidad del universo y todas arrojaron los mismos resultados: no hay suficientes átomos de hidrógeno cada diez pies cúbicos en el universo como para crear una posible contracción; el número de átomos faltantes ronda los miles.

En 1978, el Dr. Robert Jastrow, director del Centro Goddard de Estudios Espaciales de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio, escribió un artículo en la revista del New York Times titulado “¿Han encontrado los astrónomos a Dios?”. Después de investigar todas las posibilidades para descubrir adónde podrían estar los átomos ‘faltantes’, llegó a una conclusión que resulta muy chocante para alguien que se declara agnóstico: que el modelo de la expansión probablemente es correcto. Explicó que el peso total del universo era “más de diez veces demasiado pequeño como para detener la expansión”¹. Describe la frustración de los científicos al estudiar los últimos descubrimientos:

"Para el científico que ha vivido a través de su fe en el poder de la razón, la historia termina como un mal sueño. Ha escalado las montañas de la ignorancia; está a punto de conquistar el pico más alto, mientras se acerca a la roca final es recibido por un grupo de teólogos que han estado sentados allí durante siglos".²

Luego de la publicación de su ensayo, Jastrow desapareció de la escena científica. Se había convertido en un cristiano devoto.

Las confirmaciones del descubrimiento de Jastrow continuaron en 1983 con el Dr. James Trefil, físico de la Universidad de Virginia, en 1986 con el Dr. John Barrow,

¹ Jastrow, *Have Astronomers Found God?* pág. 55. en New York Times Magazine, 25 de junio 1978 pág.132.

² Jastrow, *Have Astronomers Found God?* pág. 55. New York Times Magazine, 25 de junio de 1978 pág.29

astrónomo de la Universidad de Sussex y el Dr. Frank Tipler, matemático y físico de la Universidad Tulane. En 1988, el Dr. Stephen Hawking, matemático y físico teórico de la Universidad de Cambridge, realizó la misma confirmación y afirmó: “A mucha gente no le gusta la idea de que el tiempo tenga un comienzo, porque sugiere una intervención divina”. Continuó: “La evidencia actual indica que probablemente el universo se expandirá por siempre³”. Tipler también tuvo una inclinación religiosa y formó su propia religión en la cual demostró la existencia de la vida después de la muerte a través de la física.

En el encuentro de la *American Astronomical Society* de 1990, el Profesor John Mather, astrofísico de la Universidad de Columbia, realizó una presentación en la que hizo comparaciones sorprendentes entre la cosmología y el libro de Génesis. Recibió una gran ovación por su trabajo que fue calificado como “la fundamentación más extraordinaria que jamás se haya realizado”⁴ en favor del universo en expansión. El director del encuentro de la A.A.S., Dr Geoffrey Burbidge, dijo con respecto a la presentación de Mather: “Parece estar claro que el público está a favor del libro de Génesis – al menos el primer versículo que aparentemente ha sido confirmado.”⁵

En 1998, Allan Sandage, un destacado astrónomo de nuestros días, afirmó que después de contemplar la profundidad del Big Bang, se dio cuenta de que la creación es un milagro y comenzó ser creyente en Dios.

Como resultado de los avances cosmológicos de este siglo, vemos cómo

³ Stephen Hawking, *A Brief History of Time*, pág. 46, N.Y. Bantam Books, 1988.

⁴ David Chandler, *Satellite's New Data Smoothly Supports Big Bang Theory*, Boston Sunday Globe, 14 de enero de 1990.

⁵ Ibid.

se han ido desdibujando las líneas divisorias de la ciencia y la religión que existían en el pasado. Jastrow, Tipler y Sandage son solo algunos ejemplos de las figuras científicas que han cruzado estas líneas. No solo se puede decir que la ciencia y la religión ya no necesitan estar enfrentadas, sino que incluso podemos afirmar que trabajan una junto con la otra. La ciencia es un medio a través del cual se puede descubrir a Dios.

La ironía de este importantísimo adelanto del siglo XX es que el pueblo judío ha entendido esto desde siempre. Por ejemplo, la primera instrucción que recibió el pueblo por parte de Dios fue la santificación del mes lunar: “Este mes será para ustedes el comienzo de los meses”¹. La santificación del mes requiere un amplio conocimiento de la relación entre el calendario solar y el lunar. Por lo tanto, los judíos tuvieron que adquirir un profundo conocimiento de ésta área científica para poder establecer el calendario judío que representa los cimientos de la religión judía.

Dios les enseñó a los judíos que la ciencia es parte del ser religioso. Para el pueblo judío, la ciencia es una forma de descubrir, entender y relacionarse con Dios. Es la manera en la que vemos a Dios en este mundo y nos acercamos a Él. Después de que los judíos supieron esto durante siglos, el mundo parece estar entendiéndolo.

*ix – ¿Todavía se está expandiendo el universo? ¿Cómo terminará?*²

¹ Éxodo 12:2 6

² Antes del descubrimiento del Big Bang eran posibles los siguientes escenarios sobre el descubrimiento del universo:

1. El modelo estático afirma que todas las estrellas y los planetas básicamente están asentados y estáticos en el espacio, o al menos no siguen

La relatividad general predijo que las altísimas temperaturas que se dieron momentos después del Big Bang habrían producido grandes cantidades de ciertos elementos. El Universo estaría compuesto de 75% de hidrógeno y 25% de helio.

ningún patrón orbitatorio específico. Según esta teoría, el universo podría haber existido siempre, sin la participación de Dios, o podría también haber sido creado por Dios en algún momento de la historia.

2. El modelo de oscilación establece que el universo mantiene un ciclo de expansión y contracción. Este ciclo comienza con una bola que contenía toda la materia y la energía, que explotó y produjo la expansión del universo. Finalmente, la fuerza gravitatoria entre las estrellas y los planetas en retirada comienza a desacelerar la fuerza de la explosión, provocando que éstos se contraigan nuevamente hacia el centro. Esto nos lleva a lo que los físicos llaman el “Big Crunch”. La historia podría terminar allí o podría producirse otra explosión. En el último caso el universo podría continuar expandiéndose y contrayéndose infinitamente. Podríamos decir también que este proceso siempre ha existido, hasta el infinito. Un proceso infinito no tiene comienzo ni fin. Por lo tanto, podemos concluir que el Universo siempre existió, y excluir así la mano de dios.

3. El Modelo de la Expansión sostiene que el universo explotó desde una bola que contenía toda la materia y la energía, al igual que en el modelo de la oscilación. Sin embargo, en este modelo la energía de la fuerza gravitacional entre las estrellas y los planetas que se alejan (G) nunca es mayor a la energía emitida por la explosión inicial (E) para desacelerarla y producir una contracción. Así, el universo estará en un estado constante de expansión hasta que finalmente las estrellas se quemen y no haya otra explosión que lo reinicie. Sin embargo se presenta un problema debido a la naturaleza del modelo. ¿Cómo es posible que una bola de materia y energía que se encontraba apaciblemente asentada en el espacio explote de repente? La ley de la Inercia establece claramente que algo que está en descanso permanecerá en ese estado a menos que sea activado por una fuerza externa. Como todo está contenido dentro de esta bola de materia, algo externo tiene que haber ejercido alguna fuerza sobre ella para causar su explosión. Para que esta descripción del universo sea verdadera, nos vemos obligados a decir que debe haber algún tipo de fuerza ceradora supernatural.

Esta predicción también se confirmó. Fue en ese momento que colapsó oficialmente el modelo estático del universo. Quedaban dos descripciones posibles sobre su naturaleza: el modelo de la oscilación y el de la expansión¹. Los científicos han concluido que la clave para responder a esta pregunta se encuentra en el grado de densidad del universo.²

Quince años de investigación han producido los mismos resultados: no hay suficientes átomos de hidrógeno en el universo para crear una contracción³. En 1978, el Dr. Robert Jastrow, director del Centro Goddard de Estudios Espaciales de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio, escribió un artículo en la revista del New York Times titulado “¿Han encontrado los astrónomos a Dios?” Después de investigar todas las posibilidades para descubrir adónde podrían estar los átomos ‘faltantes’, llegó a una conclusión que resulta muy chocante para alguien que se declara agnóstico: que

¹ El factor decisivo entre estas dos teorías es la relación entre la fuerza gravitacional existente entre los planetas y las estrellas que se alejan (G) y la fuerza de la energía de la explosión inicial (E). Si G es más grande que E, queda probado el modelo de la oscilación. Si G es menor que E, el modelo de la expansión queda probado e indica la participación de una fuerza ceradora supranatural.

² Si el universo contiene un átomo de hidrógeno cada diez pies cúbicos de espacio, eso significaría que (G) es suficiente como para superar la energía de las explosiones y finalmente provocar una contracción del universo. Pero si se descubre que en realidad hay menos de esa cantidad, (G) no es lo suficientemente grande como para superar a (E), lo cual indica que el universo se expandirá hasta que se quemé. Entre 1965 y 1978 se realizaron muchas investigaciones para medir la densidad del universo.

³ En 1997, en el encuentro de la American Astronomical Society, Ruth Daly, astrónoma de la Universidad de Princeton, anunció que mientras realizaba un análisis del espectro de las estrellas, descubrió con un 97,5% de exactitud que E es más grande que G, por lo que no existe ninguna posibilidad de que el universo se contraiga.

el modelo de la expansión probablemente es correcto. Explicó que el peso total del universo era “más de diez veces demasiado pequeño como para detener la expansión”. Describe la frustración de los científicos al estudiar los últimos descubrimientos:

"Para el científico que ha vivido a través de su fe en el poder de la razón, la historia termina como un mal sueño. Ha escalado las montañas de la ignorancia; está a punto de conquistar el pico más alto, mientras se acerca a la roca final es recibido por un grupo de teólogos que han estado sentados allí durante siglos".⁴

Luego de la publicación de su ensayo, Jastrow desapareció de la escena científica. Se había convertido en un cristiano devoto.

Las confirmaciones del descubrimiento de Jastrow continuaron⁵. En 1988 el Dr. Stephen Hawking, matemático y físico teórico de la Universidad de Cambridge, realizó la misma confirmación y afirmó: “A mucha gente no le gusta la idea de que el tiempo tenga un comienzo, probablemente porque sugiere una intervención divina”. Continuó: “La evidencia actual indica que el universo probablemente se expandirá por siempre”. En el encuentro de la American Astronomical Society de 1990, el Profesor John Mather, astrofísico de la Universidad de Columbia, realizó una presentación en la que hizo comparaciones sorprendentes entre la cosmología y el libro de Génesis. Recibió una gran ovación por su trabajo que fue calificado como “la fundamentación más extraordinaria que

⁴ Jastrow, *Have Astronomers Found God?* pág 29. New York Times Magazine, 25 de junio de 1978.

⁵ Primero en 1983 con el Dr. James Trefil, físico de la Universidad de Virginia. Luego en 1986 con el Dr. John Barrow, astrónomo de la Universidad de Sussex y el Dr. Frank Tipler, matemático y físico de la Universidad Tulane. Este último tuvo una rigurosa inclinación religiosa y formó su propia religión en la cual demostró la existencia de la vida después de la muerte a través de la física.

jamás se haya realizado"¹ en favor del universo en expansión. El director del encuentro de la A.A.S., Dr Geoffrey Burbidge dijo con respecto a la presentación de Mather: "Parece estar claro que el público está a favor del libro de Génesis – al menos el primer versículo que aparentemente ha sido confirmado."²

Pero había más sorpresas por venir. Porque resultó ser que el universo está más vacío de lo que se esperaba. Como resultado, no sólo no se está desacelerando sino que mediciones recientes indican que la velocidad está aumentando. Los cosmólogos creen actualmente que el mundo se expandirá eternamente al contrario de lo que alguna vez pensaron los científicos cuando afirmaban que llegaría a un punto máximo y luego comenzaría a encogerse para terminar finalmente en un *big crunch*.³

¹ David Chandler, *Satellite's New Data Smoothly Supports Big Bang Theory*, Boston Sunday Globe, 14 de enero de 1990.

² David Chandler, *Satellite's New Data Smoothly Supports Big Bang Theory*, Boston Sunday Globe, 14 de enero de 1990.

³ (*Scientific American*, enero 1999. Pág. 28; noviembre. 1999, pág. 38) U.S. News & World Report, 18 de agosto de 1997:

Los astrónomos no pueden medir la edad del universo directamente. Pero podemos intentar establecer la velocidad de su expansión a través del tiempo y a partir de ese dato obtener su edad. Para lograr esto debemos medir la velocidad por la distancia (esto nos dará la constante de Hubble). La velocidad se puede medir con bastante precisión observando el espectro de luz emitido desde la galaxia. Cuanto mayor es el corrimiento de los colores hacia el rojo-, más alta es la velocidad a la que se mueve la galaxia. Sin embargo, alcular la distancia resulta extremadamente difícil. Implica realizar muchas mediciones indirectas y cada una de ellas puede presentar incertidumbres y errores. En primer lugar, hay que saber cuán brillante es realmente una estrella. Los astrónomos han estado buscando lo que ellos llaman "velas estándares" que pueden servir como puntos de referencia. Hubble confiaba en una clase de estrellas llamadas cefeidas variables, que son varias veces más

grandes que el sol. Tienen una estructura regular, se tornan más brillantes y luego más tenues, y duran entre dos y cien días. El brillo absoluto de estas estrellas se puede calcular a través de algunas leyes físicas básicas que vinculan el brillo con el ritmo de pulsación.

El problema es que estas cefeidas son una vela útil solo para galaxias cercanas que se encuentran a aproximadamente 80 millones de años luz. Para los puntos más distantes se necesitan estrellas más brillantes, por lo que se está intentando con otras estrellas y otras formas de medición, si bien no hay consenso en cuanto al método. Una de estas estrellas es la supernova. Fue precisamente a través de la medición de una de ellas que se llegó a una reciente teoría (en 1998) que sostiene que el universo no solo continúa expandiéndose sino que esa expansión se está acelerando. Sin embargo, la revista *Scientific American*, en su edición de octubre de 1999 (págs 18-19) informó acerca de nuevas dudas en cuanto a si la expansión cósmica se está acelerando.

Los argumentos en favor de esta aceleración dependen de dos mediciones claves en las supernovas: el brillo de la explosión, que muestra cuán lejos se encuentra y por ende cuándo ocurrió, y por otro lado el desplazamiento al rojo, que registra cuánto se expandió el universo desde que ocurrió la explosión. La supernova más lejana que se conoce se alejó hace 8.400 millones de años y desde ese momento el universo ha duplicado su tamaño. Pero al ritmo de expansión actual (que se infiere por las supernovas más recientes) el tamaño del universo se habría triplicado, por lo que el ritmo de expansión tiene que haber aumentado.

Sin embargo, los investigadores han visto recientemente que las supernovas cercanas tardan casi 20 días para alcanzar su máximo brillo, mientras que las más lejanas tardan solo 17,5 días. Parece entonces que las explosiones estelares se desarrollan de maneras diferentes dependiendo del momento en el que ocurran. Además, dado que las supernovas tienen brillos diferentes, las diversas fórmulas que se utilizan para compensar esta variación natural en el brillo generan valores levemente diferenciados. El debate en cuanto a qué significan estos problemas es abundante y algunos científicos afirman que las conclusiones recientes sobre una expansión acelerada del universo son infundadas.

¹Luego de una serie de descubrimientos, 2001 ha recorrido un largo camino para resolver la cuestión definitivamente². Una de las implicancias de estos descubrimientos recientes es que el universo está invadido por un tipo extraño de “antigravedad”, un concepto que originalmente propuso Einstein y que luego abandonó considerándolo el error más grande de su vida. Esta fuerza, que últimamente ha recibido el nombre de “energía oscura” no solo no retiene la desaceleración de la expansión sino que hace que el universo vuele como un cohete a toda velocidad con el regulador completamente abierto.

Pero se torna aún más extraño. No es solo que la energía oscura invade la gravedad ordinaria, sino que además una sustancia invisible a la que los científicos llaman “materia oscura” también parece tener más peso que el material ordinario de las estrellas, los planetas y las personas en un factor de 10 a 1. “No es solo que no somos el centro del universo”, comentó el teórico astrofísico Joel Primack de la Universidad de California, Santa Cruz, “ni si quiera estamos hechos de lo mismo que él”.

Estos descubrimientos complejos plantean más preguntas de las que responden. Por ejemplo, el hecho de que los científicos saben que la materia oscura está ahí no significa que entiendan qué es realmente. Lo mismo ocurre con la energía. “Si antes creían que el universo

¹ Lo que aparece más abajo, Cómo finalizará el Universo, fue modificado de un artículo escrito por Michael D. Lemonick en la revista *Time* en junio de 2001.

² Los detalles de este descubrimiento también reafirman la teoría de la inflación: la noción de que el Universo atravesó un período de expansión turbocargada antes de tener un trillonésimo de segundo de edad, alejándose (en contradicción aparente pero no real con la teoría de la relatividad de Albert Einstein) más rápido que la velocidad de la luz.

era difícil de comprender”, dice Michael Turner, astrofísico de la Universidad de Chicago, “mejor tómense unas pastillas para la inteligencia porque va a empeorar”.

En la década de 1930 se mencionó que además de las estrellas y los gases que los astrónomos podían ver, había otras cosas rondando allí afuera. Los grupos de galaxias se orbitaban unos a otros demasiado rápido, y habrían volado hacia el espacio como niños sueltos arrojados desde un carrusel veloz que giraba vertiginosamente. Las galaxias individuales giraban demasiado rápido sobre de sus centros también; se habrían alejado mucho tiempo antes. La única posibilidad: alguna forma de materia oscura invisible mantenía unidas las cosas, y si bien se podía inferir la masa de materia oscura dentro de las galaxias y alrededor de ellas, nadie sabía si ésta también podía llenar los vacíos oscuros del espacio, donde sus efectos no serían detectables.

Para 1998 los científicos sabían que algo muy extraño estaba sucediendo. La expansión cósmica se habría desacelerado mucho o poco, dependiendo de si contenía mucha o poca materia – un efecto que habría hecho aparecer supernovas distantes que se verían más brillantes de lo que esperaríamos si las comparamos con las más cercanas. Pero en realidad eran más tenues, lo cual significaba que la expansión se aceleraba. Esto sugería que algún tipo de fuerza de gravedad muy poderosa estaba haciendo su trabajo, obligando a las galaxias a alejarse incluso cuando la gravedad ordinaria intentaba acercarlas³.

³ Con toda su aparente rareza, la antigravedad sí tuvo una historia que nos remonta a 1916 cuando Einstein formuló la teoría de la relatividad. Las ecuaciones de la teoría sugieren que el universo o se está contrayendo o se está expandiendo; no puede estar allí simplemente inmóvil. Los astrónomos de esa época, armados con telescopios no muy poderosos, insistían sin embargo en que eso era exactamente lo que el universo estaba haciendo. Quejándose de tener que deslucir la

Esto estaba respaldado por ecuaciones teóricas de la física cuántica que indicaban que un espacio vacío similar estaría repleto de una forma de energía que actuaría de la misma manera que la antigravedad no reconocida de Einstein¹, así como por el descubrimiento de una nueva supernova que habría existido en un momento más cercano al Big Bang que cualquier otra cosa que haya existido antes².

elegancia de sus distinguidas matemáticas, Einstein agregó un término extra a las ecuaciones de la relatividad. Lo denominó constante cosmológica y éste representaba a una fuerza que se oponía a la gravedad y sostenía al universo.

Una década más tarde, Edwin Hubble descubrió que al fin y al cabo el universo se estaba expandiendo.

Inmediatamente y con gran alivio, Einstein descartó la constante cosmológica y declaró que era el peor error de su vida. (Si hubiese perseverado, se podría haber llevado otro Nobel).

¹ El problema era que esta fuerza habría sido tan poderosa que habría causado la explosión del universo antes de que pudiesen formarse los átomos, y mucho menos las galaxias – lo cual claramente no ocurrió. “El valor de la partícula que los físicos predicen para la constante cosmológica”, admite Turner de la Universidad de Chicago, “es el número más vergonzoso de la física”.

Había otros problemas. Quizás los observadores no tenían en claro cuál era el brillo de las supernovas; tal vez la luz de explosiones estelares lejanas estaba opacada por algún tipo de polvo. Las exclusivas propiedades de la constante cosmológica habrían hecho que el universo se desacelerara al principio y se acelerase más tarde. Esto se debe a que la energía oscura aumenta como una función del espacio. En el universo reciente y pequeño no había mucho espacio, por lo que la fuerza que frenó a la gravedad habría prevalecido. Más recientemente la fuerza de la gravedad fue disminuyendo a medida que la distancia entre galaxias aumentaba y ese mismo aumento produjo más energía oscura. Nadie ha realizado una investigación profunda como para entender qué era lo que realmente ocurría en un pasado tan distante.

² En 1998 se descubrió una nueva supernova. Estaba 50% más cerca del comienzo del universo que cualquier otra supernova que se haya conocido antes y brillaba mucho más de lo que las predicciones afirmaban. El nivel de brillo señalaba que esta supernova estaba brillando cuando la expansión del cosmos todavía se estaba

Un tipo de observación completamente diferente – la larga búsqueda de cuerpos granulares en la radiación cósmica de fondo – ahora indica en forma independiente que la energía oscura es real. La materia no está esparcida uniformemente a lo largo del universo moderno. Las galaxias tienden a amontonarse relativamente cerca unas de otras; decenas y hasta cientos de ellas se agrupan en grupos o supergrupos. Entre medio no existe absolutamente nada.

Según los razonamientos de los teóricos esos cuerpos granulares deben haber evolucionado a partir de otros cuerpos originales presentes en la nube de materia primigenia que dio origen a la radiación de fondo. Nudos de materia levemente más densos que se encontraban dentro de la nube – precursores de los supergrupos actuales habrían sido ligeramente más calientes que la media. De manera que los científicos comenzaron a buscar pequeños puntos calientes. Los cuerpos granulares fueron detectados hace una década gracias al satélite COBE. En ese momento, George Smoot, astrofísico y vocero del COBE, declaró que “si eres religioso es como ver a Dios”. Imágenes más recientes y con mayor definición confirmaron este resultado³, dejando más en claro que

desacelerando. Esto eliminó prolijamente la idea del polvo, ya que una estrella más distante debería haber estado más opacada por el polvo que una cercana. “Generalmente”, dice Riess, “vemos cosas extrañas y tratamos de que nuestros modelos se adapten al universo. Esta vez instalamos un aro para que las observaciones salten y lo atraviesen antes. Eso fue lo que ocurrió y lo que hace que sea mucho más convincente”.

³ El satélite COBE original detectó cuerpos granulares pero no pudo ofrecer demasiada información sobre ellos. En abril de 2001 los científicos presentaron imágenes mucho más precisas tomadas de un experimento con un globo aerostático llamado *Boomerang* (por sus iniciales en inglés de observaciones de radiaciones extragalácticas milimétricas y de geofísica) que lanzó instrumentos en la estratósfera antártica desde otro globo llamado *Maxima* (Grupo de imágenes experimentales de anisotropía

Esto les da a los científicos una idea bastante acertada del futuro del universo. Toda la materia considerada en su conjunto no tiene suficiente gravedad como para detener la expansión; pero más allá de eso, el efecto antigravidad de la energía oscura en realidad está acelerando la expansión. Y dado que la cantidad de energía aumentará a medida que el espacio se agrande, su efecto solo se acrecentará.

Eso significa que aproximadamente 100 mil millones de galaxias que podemos ver actualmente a través de telescopios desaparecerán de nuestra vista, una por una. Dentro de decenas de miles de millones de años la Vía Láctea será la única galaxia de la que tengamos conocimiento ya que otras galaxias cercanas, incluidas La Gran Nube de Magallanes y la Galaxia Andrómeda, se habrán introducido en la Vía Láctea para fusionarse con ella.

Para ese momento el sol se habrá achicado al tamaño de una estrella enana blanca, emitiendo muy poca luz y menos calor a lo que sea que quede de la Tierra, y habrá comenzado un larga y duradera agonía que podría durar 100 trillones de años – o mil veces más del tiempo de vida que tuvo el cosmos hasta hoy. Finalmente, lo único que quedará en el cosmos serán agujeros negros, las cenizas de las estrellas quemadas y la cáscara de los planetas muertos. El universo será frío y negro. El astrofísico de la Universidad de Michigan, Fred Adama, predice que toda esta materia muerta colapsará y se transformará en agujeros negros. Cuando el universo tenga 1 trillón de trillones de trillones de años,

los agujeros negros se desintegrarán en partículas perdidas, que se unirán hasta formar “átomos” individuales de un tamaño más grande que el universo actual. Luego, también éstos se desintegrarán, dejando un vacío infinito y monótono. Esto sucederá excepto que ocurra nuevamente alguno de los eventos inconcebibles que impulsaron el Big Bang, y en ese caso el último almuerzo gratis estará servido una vez más.

Ninguno de los descubrimientos sobre la materia oscura, la energía oscura y el aplanamiento del espaciotiempo han sido confirmados como para que los científicos puedan aceptar este escenario sin reservas. “Realmente estamos viviendo en peligro”, dice Turner de la Universidad de Chicago. Podría haber sorpresas: una constante cosmológica al estilo de Einstein, por ejemplo, es la candidata principal para la cuestión de la energía oscura, pero en principio podría ser algo sutilmente diferente – una fuerza que incluso podría cambiar la dirección y reforzar la gravead en vez de oponerse a ella.

segundo de edad. Esta turbo-expansión fue motorizada por algo parecido a la energía oscura pero muchísimo más fuerte. En resumen, aquello que denominamos universo provino prácticamente de la nada y casi sin tiempo. Alan Guth, un pionero de la teoría de la inflación en el M.IT dice: “Yo denomino al universo el último almuerzo gratis”. Una de las consecuencias de la inflación, predichas hace 20 años, consistía en que el universo tenía que ser plano – como resulta ser ahora.

APÉNDICE B: LAS CUATRO FUERZAS Y EL INTENTO DE UNIFICARLAS

i-Gravedad

ii-La Fuerza electromagnética

iii-La fuerza fuerte

iv-La fuerza débil

v-Una fuerza compuesta de cuatro

vi-Una quinta fuerza

APÉNDICE B: LAS CUATRO FUERZAS Y EL INTENTO DE UNIFICARLAS

Existen cuatro fuerzas fundamentales en el mundo que dan cuenta de toda la realidad física:

La gravedad

El electromagnetismo

La fuerza fuerte, que une a los átomos

La fuerza débil, cuya máxima expresión es la radiación

Estas fuerzas son constantes. Sin embargo, en agosto de 2001, un equipo internacional de astrofísicos informó que las leyes básicas de la naturaleza como las entendemos hoy podrían experimentar leves cambios a medida que el universo envejece. Este fue un descubrimiento sorprendente que podría reescribir los textos de física y desafiar las suposiciones principales sobre el funcionamiento del cosmos¹.

De confirmarse, este descubrimiento podría implicar que otras constantes que se consideraban inmutables, como la velocidad de la luz, podrían haber cambiado a lo largo de la historia del cosmos².

¹ Los investigadores utilizaron el telescopio más largo del mundo para estudiar el comportamiento de átomos metálicos en nubes de gas a una distancia de 12 mil millones de años luz de la Tierra. Las observaciones revelaron patrones de absorción de luz que el equipo no podía explicar sin considerar que hubo un cambio en una de las constantes básicas de la naturaleza que involucraba la fuerza de la atracción entre partículas electrónicamente cargadas.

² James Glanz y Dennis Overbye escribieron lo siguiente en el New York Times:

El trabajo fue realizado por científicos de Estados Unidos, Australia e Inglaterra y fue dirigido por el Dr. John K. Webb de la Universidad de New South Wales en Sydney, Australia. Se

publicará el 27 de agosto en *Physical Review Letters*, la revista más prestigiosa en ese campo.

Los científicos que examinaron el trabajo no han podido encontrar ningún defecto evidente. Pero dado que las consecuencias tendrán un gran alcance para la ciencia y que las diferencias de las mediciones esperadas son tan sutiles, muchos científicos están expresando su escepticismo al afirmar que el descubrimiento no resistirá la prueba del tiempo. Dicen que esperarán hasta que haya pruebas independientes antes de decidir si es verdadero.

Por otro lado, el descubrimiento concordaría con los nuevos enfoques del universo de algunos teóricos, en particular con la predicción de que podrían existir en la estructura del espacio algunas dimensiones anteriormente desconocidas.

Incluso los científicos del proyecto han tenido muchas precauciones al presentar sus resultados. Al describir los resultados de lo que observó su equipo, el Dr. Webb afirmó: “Es posible que exista una evolución de tiempo en las leyes de la física”. Y agregó que “si es correcto, es el resultado de toda una vida”.

El Dr. Rocky Kolb, astrofísico del Fermi National Accelerator Laboratory, quien no participó en el trabajo, sostuvo que el descubrimiento no solo podría obligar a revisar cuestiones en cosmología, la ciencia que explica cómo comenzó el universo y luego evolucionó, sino también lograr mayor aceptación de una teoría física no probada que lleva el nombre de Teoría de las cuerdas, y sostiene la existencia de otras dimensiones.

“Si resulta verdadera, las implicancias serían tan enormes que la gente debería prestarle atención y considerarlo seriamente”, afirmó el Dr. Kolb. “Esto les arruinaría los planes”.

La magnitud del cambio aparentemente observado por el grupo es diminuto; representa una parte en 100.000 en un número llamado constante de estructura fina mayor a 12 mil millones de años. Esa constante, que también recibe el nombre de alfa, se define en términos de cantidades que nos resultan más familiares como la velocidad de la luz y la fuerza de las atracciones electrónicas entre los átomos.

Pero incluso ese pequeño cambio conmocionaría a la física y a la cosmología, según el Dr. Sheldon Glashow de la Universidad de Boston, quien recibió el premio Nobel de física en 1979. La importancia de un descubrimiento como ese, afirmó el Dr. Glashow, estaría en el “décimo puesto en una escala del 1 al 10”.

Al considerar la naturaleza inesperada del descubrimiento, tanto el Dr. Glashow como el Dr. Kolb afirmaron que hay muchas posibilidades de que aparezca una explicación más mundana de los resultados.

El Dr. John Bahcall, astrofísico del Institute for Advanced Study en Princeton, N.J., dijo que el complicado análisis que se requería para inferir los diminutos cambios a partir de las observaciones podría –al menos en principio- estar ocultando posibles errores.

“El efecto no se revela ante nosotros desde los datos”, afirmó el Dr. Bahcall. “Hay que estar inmerso en los detalles para ver un efecto tan pequeño”.

Pero otros dijeron que el equipo había sido muy cuidadoso y que cualquier fuente de error desconocida tendría que haber sido extremadamente sutil para que pase desapercibida.

“Si estuviesen afirmando algo menos significativo, probablemente la mayoría de la gente pensaría que su trabajo fue realizado con cuidado y es creíble”, dijo el Dr. Massimo Stiavelli, astrofísico del Space Telescope Science Institute en Baltimore.

“Los resultados excepcionales merecen pruebas extraordinarias”, continuó Stiavelli, y agregó que se reservaba su opinión hasta tanto haya más evidencias.

El trabajo se basó en observaciones de luz realizadas desde faros distantes llamados cuásares cuyo brillo es equivalente al de miles de millones de soles. La luz probablemente es emitida por la materia arrancada de galaxias jóvenes por la poderosa gravedad de un agujero negro.

Además del Dr. Webb, el equipo incluía a otros tres científicos en la Universidad de New South Wales: Michael T. Murphy, el Dr. Victor V. Flambaum y el Dr. Vladimir A. Dzuba; y un físico en la Universidad de Cambridge en Inglaterra, el Dr. John D. Barrow. Tres astrónomos estadounidenses que son expertos en cuásares también formaron parte del equipo: el Dr. Christopher W. Churchill de Pennsylvania State University; el Dr. Jason X. Prochaska de los Observatorios Carnegie; y el Dr. Arthur M. Wolfe de la Universidad de California en San Diego.

Las observaciones realizadas por el Telescopio Keck de 30 pies de ancho en Mauna Kea, Hawaii, permitieron ver en detalle cómo las nubes de gas absorbían la luz del cuásar en el profundo espacio que hay entre la Tierra y los cuásares. Los átomos de metales como el zinc o el aluminio están presentes en las nubes en cantidades muy pequeñas.

La luz que absorben por esos átomos crea púas negras en varias longitudes de onda en el espectro del cuásar, con una estructura tan bien definida que se lo suele asociar con una huella digital. El valor de esas longitudes de onda está directamente relacionado con el valor de la constante de estructura fina.

Pero según el Sr. Murphy la huella digital parecía cambiar con el tiempo, indicando que la constante

i-Gravedad

se alarga a medida que nos acercamos al presente y no era realmente constante.

“Lo que hemos descubierto es que, estadísticamente, hay una diferencia entre lo que era constante de estructura fina hace mucho tiempo y lo que es aquí en la tierra”, dijo.

Lejos de ser de interés solamente para entender el comportamiento atómico, afirmó el Dr. Barrow de la Universidad de Cambridge, el efecto sería importante “porque nos proporciona importantes respuestas para la física fundamental”.

La teoría de las cuerdas, por ejemplo, podría albergar cambios en cantidades que las teorías físicas aceptadas consideran inmutables. Los teóricos de las cuerdas postulan que el espacio contiene pequeñas dimensiones no vistas aún. Cualquier cambio en el tamaño de esas dimensiones –a la manera de la expansión del universo en el espacio que nos resulta familiar-- podría modificar algunas cantidades como la constante de estructura fina, afirmó el Dr. Paul Steinhardt, físico de la Universidad de Princeton.

Asimismo agregó que la mayoría de los teóricos habrían esperado que esos cambios ocurran en los primeros segundos de la vida del universo y que fueran virtualmente inobservables para los astrónomos de hoy. Sin embargo señaló que hace muchos años, otros astrónomos inesperadamente descubrieron que el universo actual está aparentemente lleno de un tipo misterioso de energía que contrarresta a la gravedad a grandes escalas. Quizás los dos efectos están relacionados de alguna manera, indicó el Dr. Steinhardt.

Otros científicos indicaron que los procesos geológicos, como la fisión nuclear que ocurre naturalmente, han sido utilizados para determinar que la constante de estructura fina probablemente cambió muy poco durante los últimos dos mil millones de años en la Tierra. Pero los investigadores del nuevo trabajo aseguran que sus resultados se remontan mucho más atrás en el tiempo, y que la interpretación de los resultados geológicos también es un asunto complicado.

Pero unos pocos físicos como el Dr. Jacob D. Bekenstein de la Universidad Hebrea en Israel, señalan que algunas teorías han predicho un cambio durante mucho tiempo en las constantes aparentes de la naturaleza. El Dr. Bekenstein calificó a los descubrimientos de “potencialmente revolucionarios” y afirmó que se inclinaba a creer en ellos.

“Después de pensar mucho en este tema”, señaló el Dr. Bekenstein, “considero que es posible que las observaciones de los cuásares hayan encontrado la variación real”.

Si bien estamos muy familiarizados con la gravedad, ésta es la más débil de las cuatro fuerzas, a tal punto que ni si quiera se la tiene en cuenta al trabajar a un nivel subatómico. La razón por la que la gravedad nos parece tan fuerte reside en que es una fuerza acumulativa. Por ejemplo, cada átomo de la Tierra agrega su porción de fuerza gravitacional en la luna y constituye la gravitación que vemos en la tierra. Cuanto más grande es el objeto, mayor gravedad tiene. La gravedad es la fuerza principal que mantiene unidos a los planetas, a las galaxias y a todo aquello que existe en el cielo. Las otras fuerzas no operan en forma acumulativa y por lo tanto su expresión primaria ocurre a un nivel subatómico. La fuerza débil es mucho más fuerte que la gravitacional pero más débil (de allí su nombre) que la electromagnética, que a su vez es mucho más débil que la fuerte.

Según Einstein, la gravedad solo refleja curvaturas en el espacio. Este último (en realidad el espaciotiempo, ya que el espacio y el tiempo nunca se pueden separar) es curvo. Ésta curvatura o arco es causada por la distribución de masa y energía dentro del espaciotiempo. En las cercanías de un cuerpo macizo la curvatura del espacio aumenta. Cuanto más macizo es el cuerpo mayor es la curvatura.

Los objetos que vuelan a lo largo del espacio naturalmente elegirán la ruta más corta para moverse. Cuando un objeto atraviesa un espacio curvo, nos parece que el camino más corto es curvo. Por ejemplo, cuando un avión vuela el camino más corto entre dos puntos en el globo, parecerá que lo hace en una ruta curva. Stephen Hawking dice que es como mirar un avión que vuela sobre un terreno con colinas. Si bien sigue una línea recta en el espacio tridimensional, su sombra sigue un camino curvo sobre una superficie de dos dimensiones. Como el espaciotiempo en realidad tiene cuatro dimensiones, podría parecernos que un objeto que se mueve a través de él en la ruta más corta está

siguiendo un camino curvo. Interpretamos esto como la gravedad. Esta última simplemente refleja el cambio de la ruta más corta que podría tomar un objeto a través del espacio curvo.

La teoría de Einstein ha sido confirmada (y la de Newton refutada) de varias formas. La órbita exacta de Mercurio, por ejemplo, sigue la ruta que predijo Einstein y no la que predijo Newton. Sin embargo, las ondas gravitacionales nunca han sido medidas directamente. En la actualidad se realizan grandes esfuerzos en los que se utilizan máquinas caras en muchos lugares alrededor del mundo¹ para medir las ondas gravitacionales débiles que deberían ser producidas por cataclismos gigantes en el cosmos tales como las colisiones de agujeros negros². Éstas son tan grandes que se cree que generan una vibración en la estructura del universo mismo. Para cuando llegan a la Tierra, las ondas son tan débiles que identificarlas es como descubrir un grano de arena en todas las playas de Long Island, N.Y.³

ii-La fuerza electromagnética

¹ Ligo en Livingston y Hanford, EEUU; Tama en Japón; Geo en el Reino Unido; y Virgo in Italia. La Nasa y la Agencia Espacial Europea están diseñando un grupo de satélites que llevan láseres que ayudarán en la búsqueda. Su lanzamiento está programado para 2011.

² Una onda gravitacional debería expandir el espacio existente entre los espejos de estas máquinas. La onda debería chocar con cada detector en tiempos levemente diferentes, permitiendo a los astrónomos identificar la fuente y eliminar otras causas generadoras de la vibración. El problema central es que estos aparatos ultrasensitivos recogen muchos otros ruidos, como el tráfico y los terremotos que ocurren a distancias lejanas.

³ *Scientific American*, abril de 2002.

En un principio se pensaba que el magnetismo y la electricidad eran dos fuerzas separadas. En el primer siglo [sic], James Clark Maxwell demostró que ambas eran la expresión de una sola fuerza, que denominamos electromagnetismo. Esta fuerza mantiene a los electrones en su lugar alrededor del núcleo y a los átomos cerca de sus vecinos. Lo que conocemos como masa sólida es básicamente espacio vacío. La fuerza electromagnética es la que crea la impresión de que algo es sólido. Lo que ocurriría si damos un golpe sobre la mesa es que aplastaríamos los pocos electrones sólidos y los protones en un espacio más pequeño. La fuerza electromagnética es lo suficientemente fuerte como para evitar que eso ocurra. Esta misma fuerza también determina el punto de derretimiento y de ebullición de distintas sustancias. Aunque puede, en teoría operar en cualquier distancia, en la práctica, las cargas negativas y positivas generalmente se equilibran (un átomo, por ejemplo, siempre es electrónicamente neutral), de manera que esta fuerza solo opera en distancias cortas. La luz también es una función de esta fuerza. Hay un espectro de energía electromagnética. Una pequeña parte de ese espectro (el rango de energía) produce la luz visible, así como la ultravioleta y otras formas de luz invisibles.

iii-La fuerza fuerte

El núcleo del átomo está compuesto por neutrones con carga neutra y protones con carga positiva. Dado que las cargas iguales se repelen (lo cual se puede demostrar al unir dos imanes en sus polos iguales), la pregunta que se plantea es por qué los protones no hacen que el núcleo explote. (Los neutrones solo neutralizan esta fuerza marginal). La respuesta es que la fuerza fuerte, mucho mayor que la electromagnética repelente, mantiene al núcleo unido.

La Fuerza Fuerte en comparación con la electromagnética

Los electrones son mantenidos en sus órbitas alrededor de los átomos por la fuerza electromagnética, que es relativamente débil. La fuerza dominante, dentro de los núcleos es aproximadamente 100 veces más fuerte (de ahí su nombre fuerza nuclear fuerte). Además, los electrones son partículas elementales que no tienen estructura, mientras que los protones y los neutrones son conjuntos complejos de partículas llamadas quarks y gluones. La fuerza entre estos núcleos no es directamente fundamental como lo es el electromagnetismo, cuyas ecuaciones conocemos con exactitud. En cambio, la fuerza nuclear es un subproducto complejo de las interacciones de los quarks y gluones que forman parte de ella. Esta fuerza es altamente atractiva durante algunos femtómetros (10^{-15} metros) y luego cae a cero. Por el contrario, las órbitas de los electrones bajan unas 10.000 veces más lejos.

Cien trillones (10^{14}) de veces más densos que el agua, los núcleos (a) son grupos de protones y neutrones fuertemente ajustados. Debido a la fortaleza y complejidad de la fuerza nuclear fuerte que mantiene unidos a los núcleos, los físicos han recurrido desde hace tiempo a modelos aproximados para describir los estados cuánticos de esos núcleos.

Con el correr de las décadas han desarrollado muchos modelos teóricos para tratar de describirlos. Estos tienden a funcionar mejor con ciertos tipos de núcleos.

iv-La fuerza débil

Esta es la fuerza que produce la descomposición, por ejemplo, de un neutrón que se transforma en un protón,

electrón o neutrino. Podemos experimentar la fuerza débil cuando vemos la radiación, pero la manera más espectacular es cuando hay una explosión en una supernova de alguna estrella en la galaxia. En un sistema estable, la fuerza débil está demasiado abrumada por las fuerzas electromagnética y fuerte como para expresarse.

v-Una fuerza compuesta de cuatro

(GTU, TDT, Cuerdas y supersimetría)

Como dijimos antes, existen cuatro fuerzas en el mundo que explican la totalidad de la realidad física:

La gravedad

El electromagnetismo

La fuerza fuerte que mantiene unidos a los átomos

La fuerza débil, cuya máxima expresión es la radiación

En los últimos 40 años, los científicos han intentado combinar estas cuatro fuerzas en una. Ésta es la fuerza que según ellos existió en el comienzo del Big Bang (que podría existir en la actualidad a altísimas temperaturas), y a partir de la cual surgieron las cuatro fuerzas a medida que el universo se enfriaba. Se considera que este es el desafío más ambicioso que presenta la física actualmente.

A principios de la década de 1970, la fuerza electromagnética fue combinada con la débil para crear lo que se conoció como la fuerza electrodébil. Luego, en 1973, esta última fue combinada con la fuerza fuerte para crear la Gran Fuerza Unificada o la Gran Teoría Unificada. (GTU). Lo que resta ahora es combinar la cuarta fuerza, la gravedad, con las otras tres. Esto es más difícil porque la gravedad opera a un macro nivel, mientras que las otras tres lo hacen a un micronivel. Esta combinación crearía lo que denominamos

Gravedad Cuántica. Al combinar las cuatro fuerzas, también se combinarían las dos grandes teorías que describen toda la realidad: la física cuántica (que describe el micro-mundo) y la relatividad (que describe el macro-mundo).

En este sentido se plantean debates en cuanto a lo que sucederá si este intento resulta. La pregunta es si les quedará a los físicos algo significativo para hacer o si la ciencia llegará a su fin, por así decirlo.

Una de las metas fundamentales de la física es entender la maravillosa variedad de la naturaleza de una manera unificada. Los avances más importantes del pasado han sido los pasos orientados hacia esta meta: la unificación de la mecánica terrestre con la celestial de Isaac Newton en el siglo XVII; de la óptica con las teorías de la electricidad y el magnetismo de James Clerk Maxwell en el siglo XIX; de la geometría del espaciotiempo con la teoría de la gravitación de Albert Einstein entre los años 1905 y 1916 y de la química con la física atómica a través del advenimiento de la mecánica cuántica en la década de 1920 [ver las ilustraciones con el título La unificación y los avances más profundos].

Einstein dedicó los últimos 30 años de su vida a la búsqueda infructuosa de una “teoría de campo unificada” que uniese la relatividad general, su propia teoría del espaciotiempo y la gravitación, con la del electromagnetismo de Maxwell.

Actualmente existen dos teorías principales que describen toda la realidad física. La primera es la de la relatividad, que describe la macro-realidad. La segunda es la física cuántica que describe el mundo subatómico y que a su vez es descrita por las otras tres fuerzas. Estas dos teorías no han sido reconciliadas. Si bien esto en realidad no importa para el día a día ya que describen realidades diferentes, en ocasiones, como en el caso

de los debates sobre los agujeros negros, estas teorías chocan.

Este choque puede ser frontal. La teoría cuántica radicaliza nuestras suposiciones acerca de la relación entre el observador y lo observado pero en buena medida participa de las ideas de Newton sobre el espacio y el tiempo. La relatividad general cambia nuestras nociones del espacio y el tiempo pero acepta la visión de Newton del observador y lo observado. La mayoría de los físicos considera que esta situación es inaceptable y ya ha comenzado la carrera por encontrar una teoría unificadora de la gravedad cuántica, que a veces recibe el nombre de Teoría del Todo. La idea es que todo, el tiempo y el espacio, al igual que la materia y la energía, viene en unidades cuánticas indivisibles como la materia y la energía, y que las relaciones, en contraposición a las cosas, son elementos fundamentales de la realidad.¹

¹ En su libro *Three Roads to Quantum Gravity*, Lee Smolin, profesor de física en Pennsylvania State University, describe los tres enfoques más prometedores de esa teoría, los cuales operan en la denominada escala de la realidad de Planck, que es 20 ordenes de magnitud más pequeña que el núcleo atómico.

Uno de los enfoques aplica la termodinámica y la teoría de la información a los agujeros negros.

Otro distinto es el de la teoría de las cuerdas, que sostiene que los elementos últimos de la realidad son entidades matemáticas lineales que vibran y que existen (según una de las versiones de la teoría) en nueve dimensiones espaciales. La teoría de las cuerdas es la que más respaldo tiene en la comunidad científica actualmente. Sin embargo, dado que los objetos que analiza son tan pequeños que llegan a 10^{-35} de un metro y los aceleradores de partículas sólo pueden medir cosas de hasta 10^{-19} , es una teoría difícil de probar. Recientemente, los científicos han propuesto nuevas ideas sobre la manera en que se la puede poner a prueba. (*Scientific American*, octubre de 2002).

Smolin apunta con firmeza a un tercer enfoque, que utiliza lazos cuánticos-- elementos cuantizados del espaciotiempo que con su resplandor evocan todo el resto, quizás también cuerdas.

Combinar las cuatro fuerzas también implicaría unir automáticamente esas dos teorías, si bien quizás sea necesario modificar una o ambas. Por lo tanto, ésta combinación también se llama teoría cuántica de la gravedad.

El camino a la unidad residía en la aplicación de la mecánica cuántica a cada una de las fuerzas. A fines de la década de 1960 esto se logró en el campo electromagnético y recibió el nombre de electrodinámica cuántica (EDC). A fines de los '70 la fuerza electromagnética fue combinada con la débil para crear la fuerza electrodébil. Luego, en 1973 esta última fue combinada con la fuerte y se creó la denominada Gran Fuerza Unificada o Gran Teoría Unificada (GTU), o más formalmente, Teoría del Campo Cuántico.

Aunque en teoría se habían combinado tres de esas cuatro fuerzas logrando de esta manera una realidad más unificada, en ciertos aspectos este mundo se complicaba y requería no menos de 24 campos de fuerza.

Un problema adicional consiste en que la teoría exige la descomposición de los protones. Si bien la vida útil promedio de un protón suele ser proyectada a un plazo increíblemente largo, algunos de ellos se descompondrían en cualquier momento. Pero esto nunca ha sido observado.

Lo que resta ahora es combinar la gravedad, la fuerza que opera a un macronivel, con las otras tres fuerzas que operan a un micronivel. Ha sido imposible lograr que las partículas que transmiten la gravedad obedezcan a la teoría del campo cuántico, que combina la fuerza fuerte con la débil y la electromagnética. Está claro que se requiere una nueva teoría: ésta ha sido denominada TDT, Teoría del Todo, y combina las cuatro fuerzas en una sola ecuación. En la década de 1980, la Teoría

La teoría de los lazos cuánticos sostiene que el espaciotiempo es una especie de "espuma de espines" que en sus "nudos, uniones y curvas" prolonga un universo.

de las Cuerdas era la que mayores posibilidades tenía de ser la TDT. Esta teoría sostiene que la partícula más elemental en el universo es una cuerda inimaginablemente diminuta (10 a la fuerza de -33 cm) que vibra como la cuerda de un violín en varios modos diferentes. La teoría es básicamente matemática pura de la más complicada y en la actualidad no puede ser probada empíricamente. Recientemente fue revivida con el agregado del concepto de la dualidad, que es un tipo de simetría. (Las simetrías en la naturaleza son elementos esenciales en todos los intentos de combinar las cuatro fuerzas. Es por eso que esas simetrías reciben el nombre de supersimetrías). Una variación de la teoría hace referencia no a las cuerdas sino a las supercuerdas. Ésta supone que la realidad existe en diez dimensiones, no solo las cuatro (tres de espacio y una de tiempo) que conocemos. Esto no es algo que se pueda realmente ver, sino que surge de la matemática utilizada. De acuerdo con esta manera de mirar las cosas, todas las partículas en algún momento fueron supercuerdas que quedaron excluidas al momento del Big Bang y se transformaron en el tipo de partículas que tenemos ahora. En ese momento las diez dimensiones se redujeron a las cuatro que tenemos hoy.

Uno de los problemas que se plantean es que existen cinco teorías de las cuerdas que compiten entre sí. La Teoría-M intenta combinar a las cuatro en una. De acuerdo con esta teoría, además de las cuatro dimensiones del espacio y el tiempo, que normalmente experimentamos, hay otras siete dimensiones, con lo cual tenemos un total de once. Estas dimensiones no se pueden experimentar directamente porque están envueltas en otras dimensiones diminutas. La teoría postula la existencia de una fuerza llamada super-gravedad que reemplaza a la gravedad ordinaria.

La de las cuerdas fue la teoría que estuvo en boga entre los físicos durante un tiempo y en otros momentos lo fue la

Teoría-M. Sin embargo, hoy los científicos están demostrando que la Teoría-M se puede transformar en la de las cuerdas¹. Pero nadie sabe cómo escribir sus ecuaciones.

Stephen Weinberg describe (en *Scientific American*, diciembre de 1999) dos grandes obstáculos que interrumpen el camino a la formulación de una teoría general de todas las fuerzas y de toda la materia del universo. “Uno es que no sabemos cuáles son los principios físicos que rigen a la teoría fundamental. ... Probablemente ésta teoría no deba ser formulada en absoluto en el espaciotiempo. ... ¿Cómo podemos obtener las ideas que necesitamos para formular una teoría verdaderamente fundamental, cuando ésta describe un mundo en el que todas las intuiciones que se derivan de la vida en el espaciotiempo se tornan inaplicables?”

“El otro obstáculo es que incluso si tuviésemos que formular una teoría fundamental, no sabríamos cómo usarla para hacer predicciones que confirmen su validez”.

[Una de las dificultades de una teoría como esa es que nunca podemos confirmarla experimentalmente. Las temperaturas (10^{18} GeV) sencillamente son demasiado altas. Tampoco podemos explorar las dimensiones más altas que nos sugiere. Sin embargo se cree que] no tendremos inconvenientes para reconocer la veracidad de la teoría fundamental unificada. La prueba consistirá en saber si la teoría puede dar cuenta de los valores medidos de las constantes físicas del Modelo Estándar, junto con otros efectos que hayan sido descubiertos más allá del Modelo.

“Es posible que cuando finalmente hayamos entendido cómo se comportan las

¹ *Scientific American*, febreo. 1998, págs. 54 - 59; *N.Y. Science Times*, 22 de septiembre de 1998.

La M se ha utilizado como abreviatura de una enorme gama de cosas imaginarias como magia, misterio, meta, matriz y membrana.

partículas y las fuerzas a energías de hasta 10^{18} GeV encontremos nuevos misterios, y la unificación final esté tan lejos como siempre. Pero lo dudo. No hay indicios de ninguna escala de energía fundamental mayor a los 10^{18} GeV y la teoría de las cuerdas incluso sugiere que las energías mayores no tienen sentido”.

“El descubrimiento de una teoría unificada que describe la naturaleza en todos los niveles de energía nos pondrá en una posición en la que podremos responder a las preguntas más profundas que plantea la cosmología: ¿La nube de galaxias en expansión que denominamos Big Bang tuvo un comienzo en un momento determinado en el pasado? ¿Nuestra gran explosión es solo un episodio de un universo mucho mayor en el que se han sucedido explosiones grandes y pequeñas eternamente? De ser así ¿varían de una explosión a otra aquello que denominamos constantes o leyes de la naturaleza?”

“Esto no será el final de la física. Probablemente ni si quiera nos proporcione una ayuda para los problemas más sobresalientes de la física actual, tales como entender la turbulencia y la superconductividad a altas temperaturas. Pero sí marcará el final de un cierto tipo de física: la búsqueda de una teoría unificada que incluya a todos los otros hechos de la ciencia física”.

Como explicamos en el Apéndice D – Partículas Subatómicas, las cuatro fuerzas son transmitidas por partículas. De manera que éstas en última instancia son la misma cosa. Una teoría que combina las cuatro fuerzas es automáticamente una teoría que también combina toda la materia”.

Algunas van más lejos todavía. La materia no solo es una expresión de las fuerzas, sino que éstas son expresiones del espaciotiempo. Cuando siete de las once dimensiones del espaciotiempo se reducen y quedan tan ajustadas que solo percibimos las cuatro que quedan, éstas siete se expresan como fuerzas. De

acuerdo con esta idea, el mundo no es nada más que espacio y tiempo.¹

¹ GEORGE JOHNSON (New York Times, 7 de diciembre de 1999) explica esta idea con más detalle:

Levemente más pequeño de lo que los estadounidenses extrañamente insisten en llamar media pulgada, un centímetro (la centésima parte de un metro) se puede ver con facilidad. Si dividimos esta pequeña longitud en 10 partes iguales, estaremos viendo, probablemente entrecerrando los ojos, un milímetro (una milésima parte o 10 la menos tres metros). Para cuando dividamos una de estas pequeñas unidades en mil micrómetros minúsculos, ya habremos sobrepasado los límites de los bifocales con más aumento.

Pero dejemos que el corte continúe en el ojo de la mente, y fragmentemos el micrómetro en mil nanómetros, y a éstos en mil picómetros y luego continuemos de a miles hasta llegar a los femtómetros, atómetros, zeptómetros y yoctómetros. En este punto, 10 a la menos 24 metros, aproximadamente una mil millonésima parte del radio de un protón, la lista de nombres griegos parece acabarse. Pero continuemos dividiendo una y otra vez hasta llegar a la longitud de una cien mil millonésima parte que es tan larga como este pequeño número: 10 a la menos 35 metros, o una coma decimal seguida de 34 ceros y luego un uno.

Finalmente hemos llegado al fondo: una extensión denominada longitud de Planck, la extensión más corta a la que una cosa pueda llegar. Recientes desarrollos que tienen el objetivo de diseñar la denominada “teoría del todo” han establecido que el espacio no es un continuum infinitamente divisible. No es suave sino granular, y la longitud de Planck nos da el tamaño de los granos más pequeños que pueden existir en él. El tiempo que le toma a un haz de luz moverse a lo largo de esta distancia ridículamente minúscula (cerca de 10 a la menos 43 segundos) se llama tiempo de Planck, y es el tic-tac más corto que pueda existir en un reloj imaginario. Si combinamos estas dos ideas obtenemos que el tiempo y el espacio tienen una estructura. Aquello que normalmente se considera un vacío monótono está compuesto de pequeñas unidades o quanta.

“Hace tiempo que sospechamos que el espaciotiempo habría sido cuantizado”, dice el Dr. Steven B. Giddings, teórico de la Universidad de California en Santa Barbara. “Los últimos desarrollos nos han traído nuevas e interesantes propuestas sobre cómo hacer que estas ideas sean más concretas”. Los indicios de la textura granular provienen de los intentos de unificar la relatividad general, la teoría de la gravedad de Einstein, con la

mecánica cuántica, que describe el funcionamiento de las otras tres fuerzas: el electromagnetismo y las interacciones nucleares fuerte y débil. El resultado sería un marco común – a veces denominado gravedad cuántica – que explica todas las partículas y fuerzas del universo.

El más destacado de estos esfuerzos de unificación, la teoría de las supercuerdas, junto con un enfoque menos conocido llamado gravedad cuántica de lazo, sostienen con firmeza que el espaciotiempo tiene una arquitectura diminuta. Pero lo que hace trabajar las imaginaciones de los físicos es la pregunta acerca de cómo son los vacíos. Como afirma el Dr John Baez, teórico de la Universidad de California en Riverside, “es mucho lo que no sabemos sobre la nada”.

Desde los tiempos de la antigua Grecia, algunos filósofos han insistido en que la realidad debe ser perfectamente suave, como la continuidad de los números reales: si tomamos dos puntos, sin importar cuán cerca estén, hay una infinidad de gradaciones entre medio. Otros han afirmado que en la escala más pequeña todo está dividido en unidades irreducibles, como en el caso de los llamados números naturales o de conteo, sin nada entre medio, como si dijésemos 3 y 4.

El desarrollo de la teoría atómica moderna en el siglo XIX llevó a la ciencia a considerar que el universo es granular y no suave. A principios de este siglo las opiniones se inclinaron más hacia esa dirección cuando Max Planck descubrió que incluso la luz era emitida en bloques. A partir de ese descubrimiento inesperado surgió la teoría del campo cuántico, que sostiene que todas las fuerzas son transportadas por pequeñas partículas o quanta; es decir, todas excepto la gravedad.

Esta fuerza se sigue explicando, en términos completamente diferentes, por la relatividad general: es la curvatura de un continuum perfectamente suave llamado espaciotiempo. Un planeta dobla la estructura exterior del espaciotiempo y hace que otros objetos se muevan hacia él como bolillas que ruedan por una colina. Desde hace tiempo los científicos suponen que la unificación revelaría que la gravedad, al igual que las otras fuerzas, también es un quantum en la naturaleza, transportada por partículas mensajeras llamadas gravitones. Pero mientras que es posible considerar que las otras fuerzas actúan en el área del espacio y del tiempo, la gravedad es espaciotiempo. Cuantizar una equivale a cuantizar la otra.

Resulta enormemente sorprendente que la característica granular del espaciotiempo ha pasado desapercibida aquí en el mundo macroscópico. Hasta los pequeños quarks que forman los protones, neutrones y otras partículas son demasiado grandes como para sentir los baches que

pueden existir en la escala de Planck. Más recientemente los físicos sugirieron que los quarks y todo lo demás están hechos de objetos mucho más pequeños: supercuerdas que vibran en 10 dimensiones. Al nivel de Planck, el entretreído del espaciotiempo sería tan aparente como cuando el más fino algodón egipcio se mira con una lupa, exponiendo la textura y el tejido.

Fue precisamente Planck quien tuvo el primer presentimiento de la existencia del tamaño más pequeño posible. Se dio cuenta de que podía comenzar con tres parámetros fundamentales del universo – la constante gravitacional (que mide la fuerza de la gravedad), la velocidad de la luz y su propia constante de Planck (un indicador de la textura granular cuántica) – y combinarlos de manera tal que las unidades se cancelaran unas a otras y dieran como resultado una longitud. No estaba seguro del significado de esta longitud de Planck, como luego fue llamada, pero le pareció que tenía que ser algo muy básico.

En la década de 1950, el físico John Wheeler indicó que la longitud de Planck marcaba el límite en el cual el brusco movimiento aleatorio de la mecánica cuántica mezclaba el espacio y el tiempo tan violentamente que las nociones ordinarias de medición dejaron de tener sentido. A este resultado lo denominó “espuma cuántica”. “Las fluctuaciones serían tan grandes que literalmente no habría derecha e izquierda, ni antes y después”, escribió recientemente el Dr. Wheeler en sus memorias “*Geons, Black Holes and Quantum Foam*” (Norton, 1998). “Las ideas comunes sobre la medición desaparecerían; las del tiempo se evaporarían”.

Medio siglo después, los físicos todavía están intentando descubrir la extrañas consecuencias de una longitud mínima. En la teoría de las supercuerdas, una relación matemática llamada dualidad T sugiere que se puede reducir un círculo sólo hasta cierto punto. A medida que el radio se contrae, el círculo se achica cada vez más y luego se detiene, comportándose como si de repente comenzase a agrandarse. “Este comportamiento implica que el círculo tiene un ‘tamaño verdadero’ mínimo”, afirmó el Dr. Giddings. Muchos creen que esto resultará ser muy similar a la escala de Planck.

Existen otros indicadores de la textura granular. De acuerdo con el Principio de la Incertidumbre de Heisenberg, determinados pares de cantidades son “no conmutativos”: no se puede medir la posición y la velocidad de una partícula simultáneamente, ni su energía junto con su tiempo de vida. Cuanto mayor precisión tenemos sobre una de ellas, más confuso nos resulta el conocimiento de la otra.

En la teoría de las cuerdas, la geometría del espacio podría resultar ser no conmutativa, y esto haría que

resulte imposible medir simultáneamente la posición horizontal y vertical de una partícula para obtener una precisión perfecta. La textura granular del espacio se interpondría en el camino.

No todos son teóricos de las cuerdas en el asunto de la unificación. Desde un lugar completamente distinto, los investigadores de una disciplina llamada gravedad cuántica de lazo han propuesto una teoría en la que el espacio está compuesto de objetos matemáticos llamados redes de spin. Imaginemos una pequeña partícula girando sobre su eje como un trompo. Ahora enviémosla en un viaje de ida y vuelta, como en un lazo a través del espacio. Dependiendo del tamaño einsteiniano del espacio que atravesase la partícula, al regresar, su eje estará inclinado en una dirección diferente. Este cambio nos proporciona información acerca de cómo es la curvatura del espacio.

Al utilizar partículas con varios spins los teóricos pueden investigar el espacio más en detalle. Las distintas trayectorias se pueden combinar en una red, llamada red de espines, que captura todo lo que necesitamos saber sobre la curvatura del espacio – lo que los físicos denominan geometría espacial. “El espacio en el que vivimos es ésta enorme y complicada red de espines”, indicó el Dr. Carlo Rovelli de la Universidad de Pittsburgh. Él y el Dr. Lee Smolin del Centro de Física Gravitacional y Geometría de Pennsylvania State University, descubrieron cómo utilizar éstas redes de espines para calcular el área y el volumen. Toda esta información está codificada dentro de la estructura de red.

Supongamos que estamos sentados en una mesa. Para calcular su área sumaríamos los spins de todos los vínculos de la red de spins que pasan a través de ella y los multiplicaríamos por el cuadrado de la longitud de Planck. Una mesa que tenga un área de un metro cuadrado estaría influida por 10 a la 65 de estas trayectorias. La consecuencia es que la sola idea de una superficie es una ilusión generada por la red de espines.

La situación se torna aún más rara. En la mecánica cuántica, un electrón que orbita un núcleo atómico es considerado una nube de probabilidad: una “superposición” en la que se reúnen todas las ubicaciones posibles del electrón. En opinión de los doctores Rovelli, Smolin y sus colegas, el universo es una superposición de todas las redes de spins que podamos concebir – de todas las posibilidades que tiene de ser curvo.

¿Adónde encaja al tiempo en este escenario? Una red de spins nos da una imagen instantánea de la geometría de un espacio tridimensional en un momento determinado. Para describir el espaciotiempo, el Dr. Baez y otros teóricos estiraron las redes de espines hasta la cuarta dimensión e inventaron lo que ellos llaman la

vi-Una quinta fuerza

Hasta hace poco todas las perspectivas indicaban que aunque el universo aún se estaría expandiendo, debido a la gravedad la velocidad de esa expansión estaría, al menos, disminuyendo. Sin embargo, en 1998, mediciones de estrellas distantes que explotaron demostraron que la expansión parecía acelerarse y no disminuir. Aunque estos resultados son controvertidos, todos están de acuerdo en que la expansión cósmica se desacelera más lentamente de lo que se creía antes.

Esto implica lo siguiente: o hay mucho menos materia en el universo de lo que se creía antes, o bien existe alguna fuerza que está acelerando las cosas. Una teoría sostiene que el vacío del espacio crea energía que se expresa como una fuerza repulsiva o antigravitatoria. Ésta fuerza se conoce con el nombre de constante cosmológica y fue introducida por Einstein como factor *fudge* para corregir un defecto

espuma de spins. Si la cortamos, cada una de las muestras infinitamente finas es una red de spins.

Lo más desconcertante de todo esto es que no es posible considerar que la red y la espuma de spins existen en el espacio y en el tiempo. Residen en un nivel mucho más fundamental, como en una estructura profunda que subyace y da a lugar al espaciotiempo. “Ese es el centro de la materia”, afirmó el Dr. Rovelli. “No se trata de que *vivan* en algún lugar, sino que *son* el espaciotiempo cuántico”. El universo, desde este punto de vista, se nos aparece desde la matemática pura. Y la vieja idea del espacio y el tiempo como el estadio en el cual todo sucede parece no tener más aplicación.

“Si creemos en lo que realmente hemos descubierto sobre el mundo con la mecánica cuántica y la relatividad general, el *estadio* de la ficción debe ser abandonado”, afirmó el Dr. Rovelli, “y tenemos que aprender a hacer física y a pensar el mundo de una manera completamente nueva. Nuestras nociones sobre qué son el espacio y el tiempo están completamente alteradas. De hecho, en algún sentido, tenemos que aprender a vivir sin ellas.”

que él creía que había en su teoría de la relatividad.

Sin embargo, Einstein realizaba sus cálculos en función de un universo que él consideraba estático. Cuando se demostró que el universo se estaba expandiendo, Einstein abandonó su teoría. En ese momento se pensaba que la densidad del universo era mucho mayor de lo que se cree actualmente. Con un universo en expansión ese factor *fudge* ya no era necesario. Pero al parecer, sin darse cuenta, Einstein habría tenido razón. El hecho de que las supernovas parecen estar más tenues de lo que se predecía antes confirma este enfoque. Pero si el universo se ha estado alejando mucho más por la energía de vacío que lo empuja en esa dirección, los resultados esperados funcionan a la perfección¹. (*Scientific American*, enero de 1999, pág. 33)

¹Recientemente, surgió un nuevo intento de explicar esta quinta fuerza con el nombre de quintaesencia. Esta teoría intenta explicar cómo puede funcionar una fuerza que es repulsiva, que empuja al universo en lugar de atraerlo, a la manera de la gravedad. Según Andreas Albrecht de la Universidad de California en Davies, el problema es que para coincidir con todas las observaciones astronómicas, la repulsión debió haber sido débil durante la mayor parte de la historia del Universo y solo habría sido más significativa en el pasado reciente, cuando comenzó la expansión. Pero este comportamiento “repentino” generalmente exige que los teóricos elijan parámetros de valores específicos solo para hacer coincidir los datos. Esto equivale a sacar números de una galera. Sin embargo, hay avances en este sentido.

Los modelos de quintaesencia están basados en los conceptos desarrollados en la década de 1980 desde una teoría sobre los inicios del universo llamada inflación, muy aceptada en la actualidad, que también afirma que la expansión se acelera.

Joshua Frieman, del Fermi National Accelerator Laboratory en Illinois, sostiene que muchos investigadores han estado luchando contra el problema de “¿por qué ahora?”, es decir, el hecho de que la aceleración de la expansión comenzó hace solo unos miles de millones de años, cuando la mayor parte de la acción posterior a la explosión del Big Bang ya se habría aplacado.

De manera que cree que el nuevo trabajo podría ser importante, pero tanto él como Albrecht están ansiosos por comenzar a probar los modelos con

los datos enormemente precisos de las observaciones que obtendrán en los próximos años. Sin tests claros, los teóricos simplemente buscan modelos con las propiedades correctas, dice Frieman.

Lo que sigue fue extraído de un artículo escrito por Jeremiah P. Ostriker y Paul J. Steinhardt en *Scientific American* en enero de 2001 con el título “El Universo de la quintaesencia”. Explica algunos de los últimos temas con más detalle:

¿De dónde proviene esa extraña energía oscura que repele en lugar de atraer? La posibilidad más acertada es que la energía es inherente a la estructura del espacio. Incluso si un volumen del espacio estuviese completamente vacío – sin un ápice de materia y radiación – contendría esta energía. Esta última es una noción venerable que nos remonta a Albert Einstein y a su intento en 1917 por construir un modelo estático del universo. Al igual que muchos científicos destacados a lo largo de los siglos, incluido Isaac Newton, Einstein creía que el universo no cambia ni contrayéndose ni expandiéndose. Para forzar el estancamiento en su teoría general de la relatividad tuvo que introducir un vacío de energía, o en su terminología, una constante cosmológica. Ajustó el valor de la constante para que su repulsión gravitacional contrabalancara exactamente la atracción gravitacional de la materia.

Más tarde, cuando los astrónomos afirmaron que el universo se estaba expandiendo, Einstein se arrepintió de su delicado artificio, y dijo que era el peor error que había cometido. Pero quizás su veredicto fue demasiado apresurado. Si la constante cosmológica hubiese tenido un valor levemente mayor al que propuso Einstein, su repulsión habría sido mayor a la atracción de la materia y la expansión cósmica se habría acelerado.

Muchos cosmólogos se están inclinando por una idea diferente conocida como quintaesencia ... Un campo cuántico dinámico, que no se diferencia de un campo eléctrico o magnético, y que repele gravitacionalmente.

Para explicar la cantidad de energía oscura existente en la actualidad, el valor de la constante cosmológica tendría que ser afinado al momento de la creación del universo para que sea más apropiado, lo cual es bastante parecido al factor *fudge*.

Por el contrario, la quintaesencia interactúa con la materia y evoluciona a través del tiempo, por lo que podría ajustarse naturalmente para alcanzar el valor observado en la actualidad.

...La repulsión gravitacional resuelve la “crisis de la edad” que plagó la cosmología en la década de 1990. Si tomamos las mediciones actuales de la velocidad de la expansión y asumimos que ésta se

ha desacelerado, la edad del universo es menor a 12 mil millones de años.

Pero las pruebas indican que algunas estrellas en nuestra galaxia tienen 15 mil millones de años. Al hacer que la velocidad de la expansión se acelere, la repulsión nos da una edad inferida del cosmos que concuerda con la edad observada de los cuerpos celestiales.

En la ley de gravedad de Newton, la presión no cumple ningún rol; la fuerza de la gravedad depende solo de la masa. Sin embargo, en la ley de gravedad de Einstein, la fuerza de la gravedad depende no solo de la masa sino también de otras formas de energía así como de la presión. En este sentido, la presión tiene dos efectos: uno directo (causado por la acción que ejerce sobre los materiales que se encuentran a su alrededor) y otro indirecto (causado por la gravitación que crea).

Si la presión es positiva, como en el caso de la radiación y de las materias ordinaria y oscura, la combinación también es positiva y la gravitación es atractiva. Si la presión es suficientemente negativa, la combinación es negativa y la gravitación es repulsiva.

La repulsión estira el espacio, aumentando su volumen y al mismo tiempo la cantidad vacía de energía. La tendencia a estirarse por sí misma refuerza esta idea. El universo se expande a un ritmo acelerado.

El total del vacío de energía producido por todos los campos conocidos predice una cantidad enorme ... pero si estas estimaciones fuesen verdaderas, una aceleración de proporciones épicas destrozaría los átomos, las estrellas y las galaxias. Claramente, esa estimación es incorrecta. Uno de los principales objetivos de las teorías unificadas de la gravedad ha sido entender por qué.

Una de las propuestas es que alguna simetría hasta ahora no descubierta en la física fundamental produce la cancelación de los efectos grandes y se concentra en el vacío ... Pero esto presenta el serio defecto de que la supersimetría sería válida solo para energía muy altas. Los teóricos trabajan en formas de preservar la cancelación a niveles de energía más bajos.

...La energía del vacío no es la única forma de generar presión negativa. Otro método... es la quintaesencia.

Esta última no acelera el universo tan fuertemente como la energía del vacío. Si algo la diferencia es que la quintaesencia es más consistente con la fecha [sic] disponible pero por el momento la distinción no es significativa desde el punto de vista estadístico..

¿De dónde provendría ese campo extraño?

Una posibilidad exótica es que la quintaesencia emerge desde la física de dimensiones adicionales. Durante las últimas décadas, los teóricos han

explorado la teoría de las cuerdas, que combina la relatividad general con la mecánica cuántica en una teoría unificada de fuerzas fundamentales. Una característica importante de los modelos de cuerdas es que predicen 10 dimensiones. Cuatro de éstas son nuestras tres dimensiones espaciales, más el tiempo. Las seis restantes deben estar ocultas. En algunas formulaciones, están comprimidas como una pelota cuyo radio es demasiado pequeño para ser detectado (al menos con los instrumentos actuales). Encontramos una idea alternativa en una extensión reciente de la teoría de las cuerdas, conocida con el nombre de Teoría-M, que agrega una onceava dimensión.

No podemos ver las dimensiones adicionales, pero si existen, deberíamos poder percibir las indirectamente. De hecho ... las membranas funcionarían del mismo modo que un campo. ...Podría imitar con exactitud el campo hipotético de la quintaesencia

¿Por qué la aceleración cósmica comenzó en ese momento en particular de la historia? La energía oscura, que se creó cuando el universo tenía 10^{-35} segundos de edad, debe haber permanecido en las sombras durante aproximadamente 10 mil millones de años – un factor de alrededor de 10^{50} en edad. De acuerdo con los datos, solo después la energía oscura tomó la materia y originó el comienzo de la aceleración del universo. ¿No es una coincidencia que justo cuando los seres pensantes evolucionaron, el universo comenzó a trabajar a toda marcha? Parece ser que de alguna manera los destinos de la materia y de la energía oscura están entrelazados. ¿Pero cómo?

Si la energía oscura es energía vacía, la coincidencia es prácticamente imposible de explicar. Algunos investigadores, incluidos Martin Rees de la Universidad de Cambridge y Steven Weinberg de la Universidad de Texas en Austin, han diseñado una explicación antrópica. Quizás el universo sea uno de entre una multitud de universos, en cada uno de los cuales la energía adopta un valor diferente ... [La mayoría de] los universos ... se expanden rápidamente y forman estrellas, planetas o vida. Nuestro universo habría tenido el valor óptimo. Solo en éste, “el mejor mundo de todos”, podrían existir seres inteligentes capaces de contemplar la naturaleza del universo.

Una respuesta más satisfactoria ... podría incluir alguna forma de quintaesencia conocida con el nombre campo rastreador. Este último tiene un clásico comportamiento de atracción como el que vemos en algunos sistemas caóticos. En estos sistemas, los movimientos convergen en el mismo resultado para una gran gama de condiciones iniciales. Por ejemplo, si colocamos una bolita de

mármol en un bañera vacía, siempre terminará en la rejilla sin importar cuál sea el punto de inicio.

Del mismo modo la densidad de energía inicial del campo de rastreo no necesita tener un valor establecido porque éste rápidamente se ajusta a ese valor. Se encierra en un rastreo en el que la densidad de energía es una fracción casi constante de la densidad de la radiación y la materia. En este sentido, la quintaesencia imita a la materia y a la radiación aunque su composición es completamente diferente. Esta imitación ocurre porque la radiación y la densidad de la materia determinan la velocidad de la expansión cósmica que a su vez controla con qué frecuencia cambia la densidad de la quintaesencia. Al mirar más de cerca, nos damos cuenta de que la fracción aumenta lentamente. Solo después de millones o de miles de millones de años la quintaesencia se actualiza.

¿Entonces por qué la quintaesencia se actualizó en el momento en que lo hizo? La aceleración cósmica podría haber comenzado con la misma facilidad en el pasado distante o en un futuro lejano, dependiendo de las elecciones de las constantes en la teoría del campo de rastreo. Esto nos lleva de regreso a la coincidencia. Pero quizás algún hecho en el pasado relativamente reciente desencadenó la aceleración.

Según la teoría del Big Bang, la energía del universo residía fundamentalmente en la radiación. A medida que el universo se fue enfriando, la radiación emitió energía más rápido de lo que lo hizo la materia ordinaria. Para cuando el universo tenía algunas decenas de miles de años – hace bastante poco tiempo en términos logarítmicos – el equilibrio de la energía se había inclinado en favor de la materia.

En una variación de los modelos de rastreo, esta transformación disparó una serie de eventos que llevaron a la aceleración cósmica actual ... Pero cuando el universo fue dominado por la materia, el cambio de la velocidad de expansión hizo que la quintaesencia abandonara de repente su conducta imitatoria.

En lugar de rastrear la radiación o incluso la materia, la presión de la quintaesencia pasó a ser un valor negativo. Su densidad se mantuvo casi fija y luego sobrepasó la densidad de la materia que disminuía. En este contexto, el hecho de que los seres pensantes y la aceleración cósmica comenzaron a existir prácticamente al mismo tiempo no es una coincidencia. Tanto la formación de las estrellas y los planetas que resultan necesarios para que exista la vida, como la transformación de la quintaesencia en un componente de presión negativa fueron originados por el comienzo de la dominación de la materia.

En el corto plazo, el objetivo de los cosmólogos será detectar la existencia de la

quintaesencia. Esto tiene consecuencias observables. Dado que su valor difiere del de la energía de vacío, éste produce una velocidad de aceleración cósmica diferente.

En el principio (o al menos en aquél inicio temprano sobre el cual tenemos alguna idea) había inflación; un período extendido de expansión acelerada durante los primeros instantes posteriores al Big Bang. En ese momento el espacio estaba despojado de materia y prevalecía un campo cuántico similar a la quintaesencia y con presión negativa. En ese período el universo se expandió en un factor mayor al que tiene, durante los 15 mil millones de años que transcurrieron desde la finalización de la inflación. Cuando terminó la inflación, el campo se descompuso en un gas caliente de quarks, gluones, electrones, luz y energía oscura.

Durante miles de años, el espacio estaba tan lleno de radiación que los átomos, y mucho menos las estructuras más grandes, nunca pudieron formarse. La materia tomó el control. El paso siguiente – nuestra época – ha estado signado por el enfriamiento sostenido, la condensación y la evolución de estructuras complejas de un tamaño cada vez mayor. Pero este período está finalizando. La aceleración cósmica ha regresado. El universo tal como lo conocemos, con estrellas brillantes, galaxias y grupos de galaxias, parece haber sido un corto interludio. A medida que la aceleración aumente en las próximas decenas de miles de millones de años, la materia y la energía en el universo se diluirán cada vez más y el espacio se estirará demasiado rápido como para permitir que se formen nuevas estructuras. Para los seres vivientes el cosmos será muy hostil. Si la aceleración es causada por la energía de vacío, la historia cósmica está completa: los planetas, las estrellas y las galaxias que vemos hoy son la cima de la evolución cósmica.

Pero si la aceleración es causada por la quintaesencia, todavía hace falta escribir el final. El universo podría acelerarse eternamente o la quintaesencia se podría descomponer en nuevas formas de materia y radiación que re-habiten el universo. Como la densidad de la energía oscura es tan pequeña, uno podría suponer que el material que se deriva de su descomposición tendría muy poca energía como para hacer algo interesante. Sin embargo, en algunas circunstancias la quintaesencia podría descomponerse a través de la formación de núcleos de burbujas. El interior de la burbuja sería un vacío, pero sus paredes serían el lugar en el que se desarrollaría una gran actividad. A medida que la pared se mueva hacia afuera, quitaría toda la energía derivada de la descomposición de la quintaesencia. Ocasionalmente, dos burbujas podrían chocar y

provocar una demostración fantástica de fuegos artificiales. En ese proceso, las partículas masivas como los protones y los neutrones podrían surgir; quizás también surgirían estrellas y planetas.

Para los futuros habitantes el universo sería muy heterogéneo y la vida estaría limitada a islas distantes rodeadas de enormes vacíos. ¿Se darían cuenta alguna vez que su origen era el universo homogéneo e isotrópico que vemos hoy? ¿Sabrían que el universo alguna vez vivió y luego murió sólo para tener una segunda oportunidad?

Los experimentos pronto podrían darnos una idea de cómo será nuestro futuro. ¿Será el callejón sin salida de la energía de vacío o el potencial no explotado de la quintaesencia? En última instancia, la respuesta depende de si la quintaesencia tiene un lugar en el funcionamiento básico de la naturaleza – el ámbito, quizás, de la teoría de las cuerdas. Nuestro lugar en la historia depende de la interacción entre la ciencia de lo muy grande y la de lo muy pequeño.

APÉNDICE C: TEORÍA CUÁNTICA

APÉNDICE C: TEORÍA CUÁNTICA

La palabra quanta, que significa cantidad, en física hace referencia a un conjunto específico de energías. Los electrones se mueven alrededor del núcleo de un átomo a cierta distancia dependiendo de la cantidad de energía que tenga. Cuanto mayor es la energía, más cerca están del núcleo. Pero para moverse desde una orbita exterior hacia una interior se requiere una cantidad de energía específica, y de allí el nombre quanta. En la década de 1920, surgió toda una teoría sobre lo que ocurre a un nivel subatómico, denominada mecánica cuántica.¹

¹ La teoría cuántica inició una revolución científica hace 100 años que dio origen a nociones paradójicas sobre la luz granular, las partículas con formas de ondas y la desconexión de la causa y el efecto. Físicos notables debatieron sobre este tema en un congreso realizado en 1927 en Bruselas.

1900 Max Planck afirma que los átomos emiten energía en cantidades discretas, llamadas quanta, y no en ondas continuas.

1905 Albert Einstein explica el efecto fotoeléctrico (la luz golpea a un átomo y desplaza a un electrón) al indicar que la luz está compuesta de pequeños grupos de energía, que luego se denominan fotones.

Los reproductores de compact disc funcionan cuando la luz (los fotones) de un láser se refleja sobre un sensor (fotoide) y genera una corriente eléctrica (liberación de electrones).

1913 Niels Bohr propone un modelo planetario del átomo en el que los electrones orbitan el núcleo y saltan entre las órbitas a medida que el átomo absorbe o emite energía.

1924 Louis De Broglie desarrolla la idea de que la materia, al igual que la luz, puede comportarse del mismo modo que las ondas. Según la fórmula de De Broglie, la longitud de onda de un electrón es solo una diezmilésima parte de la longitud de onda de un fotón de luz.

En microscopios electrónicos, los rayos de materia, rayos de electrones, exploran espacios mucho más pequeños que aquellos a los que se puede acceder con la luz. Por ejemplo, la boca de una mosca común..

1924 Einstein y Satyendra Nath Bose desarrollan un conjunto de estadísticas que reconocen una clase de partículas, llamadas bosones, que pueden existir colectivamente en el mismo estado de energía.

Los fotones son bosones, de manera que pueden ocupar colectivamente el mismo estado, permitiendo que se agrupen como un intenso rayo láser.

1925 Wolfgang Pauli desarrolla el principio de exclusión en el cual afirma que dos electrones en un átomo no pueden ocupar el mismo estado de energía simultáneamente. Esto explica el movimiento de los electrones en órbitas sucesivas alrededor del núcleo de un átomo.

1926 Erwin Schrodinger sostiene que la mejor forma de describir a un electrón es a través de la función matemática de todos los estados de energía posibles: una onda. Más tarde, Max Born asegura que esa onda no es la partícula en sí misma sino la probabilidad de encontrarla en un lugar específico.

1926 Enrico Fermi y Paul Dirac describen las propiedades estadísticas de las partículas que obedecen el principio de exclusión de Pauli. Los fermiones (con ese nombre se los conoce) incluyen a los protones, neutrones y electrones, y son diferentes de las partículas que se rigen por las estadísticas de Bose-Einstein.

Los átomos de ciertos sólidos, los semiconductores, llenarán colectivamente sus órbitas de energía con electrones. Cuando reaccionan con un golpe de energía, estos electrones pueden moverse. Los semiconductores son el corazón de los circuitos de los microprocesadores.

1927 Werner Heisenberg logra su principio de la incertidumbre, al sostener en su teoría que es imposible medir al mismo tiempo la posición y la velocidad de una partícula.

La teoría cuántica inició hace 100 años una revolución científica que dio origen a nociones paradójicas sobre la luz granular, las partículas con formas de ondas y la desconexión de la causa y el efecto. Físicos notables debatieron sobre este tema en un congreso realizado en 1927 en Bruselas. El debate continúa en Berlín esta semana.

Efectos cuánticos visibles:

La física cuántica, que permite que un electrón esté en más de un lugar al mismo tiempo, opera en una escala sub-microscópica en la que no podemos verlos ni sentirlos. Pero los efectos cuánticos a veces se introducen en la realidad visible, como en el caso de las manchas de materia conocidas como las condensaciones Bose-Einstein que los físicos han logrado recientemente al enfriar cosas a una temperatura cercana al cero absoluto. Otro efecto cuántico, que también salió a la luz al utilizar el frío extremo, es el de los puntos de calor y frío

La siguiente descripción de la teoría cuántica fue editada de un artículo publicado en el *New York Times* en diciembre de 2000, escrito por Dennis Overbye.

Trataron de convencer a Max Planck de que no fuera físico porque ya no había nada más que descubrir.

En un cuarto de siglo, las leyes de sentido común de la ciencia habían sido derrocadas. En su lugar había un extraño conjunto de reglas conocidas como la mecánica cuántica, en las que no se garantizaba que las causas estén ligadas a efectos; una partícula subatómica como un electrón podía estar en dos lugares al mismo tiempo, en todos lados, o no estar en ninguna parte hasta que alguien la midió y entonces la luz podía ser una onda o una partícula.

Niels Bohr, un físico danés y líder de esta revolución, dijo una vez que si una persona no estaba impresionada por la teoría cuántica no la entendía.

En 1913, Bohr estableció un modelo del átomo similar a un sistema

relativos que cubren el lienzo del espacio como si fuesen una pintura puntillista.

Los puntos, que tienen un tamaño dos veces mayor al de la luna llena, son fluctuaciones de temperatura diminutas que surgen de los efectos cuánticos que operaron en los primeros segundos de la creación del universo, hace unos 15 mil millones de años.

La existencia de estas fluctuaciones fue descubierta por primera vez en 1992, pero en tres experimentos recientes, uno realizado con un telescopio y dos a bordo de globos, los astrónomos midieron su tamaño; ésta es una estadística importante en relación con la geometría del universo. El tamaño de los puntos confirma que el universo es “plano”, como lo predice una explicación de su creación conocida con el nombre de teoría inflacionaria.

Pero si la física cuántica rige solamente a escalas invisibles ¿cómo es que posible que pueda pintar el espacio con puntos del tamaño de la luna? Aunque la respuesta no está clara, los científicos creen que tiene que ver con el hecho de que todo el universo comenzó como un dominio sub-microscópico de un tamaño sujeto a las reglas cuánticas. (Informe de Nicholas Wade, *New York Times*, 22 de noviembre de 1999).

solar en miniatura en el que los electrones estaban limitados a órbitas específicas alrededor del núcleo. Einstein alabó la teoría de Bohr y la consideró una “musicalidad en la esfera del pensamiento”; pero luego le dijo: “Si todo esto es verdadero, significa que es el final de la física”.

Mientras que la teoría de Bohr funcionaba para el hidrógeno, el átomo más simple, se enredaba cuando los teóricos trataban de calcular el espectro de átomos más grandes. “Todo el sistema de conceptos de la física debe ser reconstruido desde los cimientos”, escribió en 1923 Max Born, físico de la Universidad de Gotingen. A esa física que todavía no había nacido la llamó “mecánica cuántica”.

Esta nueva física nació en un paroxismo de debates y descubrimientos que se sucedieron entre 1925 y 1928 y que recibieron el nombre de segunda revolución científica. Wolfgang Pauli, uno de sus líderes, la llamó “mecánica de chicos” por la edad de muchos de los físicos, incluido él mismo, que en ese momento tenía 25 años. Werner Heisenberg tenía 24, Paul Dirac 23, Enrico Fermi 23, y Pascual Jordan, 23. Todos eran muy jóvenes cuando comenzó. Bohr, que cumplió 40 en 1925 fue su padre confesor y rey filósofo. Su nuevo instituto de física teórica en Copenhague se transformó en el centro de la ciencia europea.

El momento decisivo llegó en el otoño de 1927 cuando el principio de incertidumbre de Heisenberg estableció que era imposible saber al mismo tiempo la posición y la velocidad de una partícula. El acto de medición de una de ellas necesariamente molestaba a la otra.

Los físicos que no se sentían cómodos con la matemática abstracta de Heisenberg adoptaron una versión más afable de la mecánica cuántica basada en la matemática de las ondas que resultaba más conocida. En 1923, el francés Louis de

Broglie se había preguntado en su tesis doctoral: si la luz podía ser una partícula ¿por qué no podrían las partículas ser ondas?

Inspirado en las ideas de De Broglie, el austriaco Erwin Schrodinger, propuso una ecuación que se transformaría en el yin del yan de Heisenberg. En esa ecuación, el electrón no era un punto o una tabla, sino una entidad matemática llamada función de onda que se extendía a lo largo del espacio. Según Born, esta onda representaba la probabilidad de encontrar un electrón en un lugar determinado. Cuando la medían, la partícula estaba por lo general en el lugar más probable. Pero eso no estaba garantizado, si bien la función en sí podía calcularse con exactitud.

La interpretación de Born fue adoptada rápidamente por los físicos cuánticos. Fue un momento clave porque consagraba a la posibilidad como parte integrante de la física y de la naturaleza.

“El movimiento de las partículas sigue las leyes de la probabilidad, pero esta última se propaga de acuerdo con la ley de la causalidad”, explicó.

Eso no era suficiente para Einstein. “La teoría logra un buen acuerdo pero no nos acerca al secreto del Antiguo”, escribió Einstein a fines de 1926. “Estoy completamente convencido de que él no juega a los dados”. Heisenberg afirmó que la teoría de Schrodinger era “horrible”, pero pronto se descubrió que las dos versiones de la mecánica cuántica eran equivalentes.

La incertidumbre, que era un agregado en el malestar metafísico que rodeaba a la física cuántica, fue seguida a su vez en 1927 del principio de complementariedad de Bohr. No nos preguntemos si la luz era un partícula o una onda, decía Bohr, al afirmar que ambos conceptos eran necesarios para describir la naturaleza, sino que dado que eran contradictorias, un experimentador podía elegir si quería medir un aspecto o el otro, pero no ambos.

Esta no era una paradoja, sostenía, porque la física no tenía que ver con las cosas sino con los resultados de los experimentos.

Un año más tarde, Dirac unió la mecánica cuántica con la relatividad especial de Einstein, en vías a predecir la existencia de la antimateria. (El positrón, la antipartícula del electrón, fue descubierto cuatro años más tarde por Carl Anderson). La versión de Dirac, conocida con el nombre de teoría del campo cuántico, ha sido la base de la física de las partículas desde ese momento, y significa, para la historia de la física, el final de la revolución cuántica. Pero la pelea por el sentido de la revolución apenas había comenzado y continuó hasta nuestros días.

Guerras cuánticas

El primer y más importante contrarrevolucionario fue Einstein, quien tenía la esperanza de que alguna teoría más profunda rescatase a Dios del juego de dados. En el otoño de 1927, en un encuentro en Bruselas, Einstein desafió a Bohr con una serie de *gedanken* o experimentos del pensamiento, diseñados para demostrar que la mecánica cuántica era incompatible. Bohr, quien quedó perplejo en la mañana, siempre tenía una respuesta para la hora de la cena.

Einstein nunca se rindió. Un trabajo escrito en 1935 junto con Boris Podolsky y Nathan Rosen describía el último *gedanken* cuántico, en el que se demostraba que la medición de una partícula en un lugar podía afectar instantáneamente las mediciones de otra partícula, incluso si estaba a millones de kilómetros de distancia. ¿Era esta una forma de regir un universo?

Einstein afirmó que era “una acción espeluznante a la distancia”.

Los físicos modernos que han logrado crear esta situación extraña en el laboratorio la llaman “enredo”. “Los objetos enredados se comportan como si estuviesen conectados a otros sin importar

cuán lejos están; la distancia no atenúa el enredo en lo más mínimo. Si algo está enredado con otros objetos, una medición de esa cosa simultáneamente provee información sobre sus pares”¹. En la actualidad los científicos trabajan seriamente en este concepto para ver si pueden acelerar la transferencia de información.

El abandono de la revolución cuántica por parte de Einstein fue un golpe para sus colegas más conservadores, pero no estaba solo. Planck también estaba en desacuerdo con la dirección de la revolución y Schrodinger, otro de los “caballeros conservadores”, como una vez los llamó Pauli, avanzó en su *gedanken* del gato para demostrar cuán torpe se había vuelto la física..

Desde el punto de vista de Copenhagen, fue el acto de observación lo que “hizo colapsar” la función de onda de alguna partícula, congelándola en un estado, una ubicación o una velocidad específicos. Hasta ese momento, todos los estados posibles de la partícula coexistían, como ondas superpuestas, en una condición llamada superposición cuántica.

Schrodinger imaginó un gato dentro de un recipiente sellado en el que la descomposición radioactiva de un átomo habría disparado la liberación de cianuro y matado al animal. Por las reglas de la mecánica cuántica, el átomo estaba y no estaba en descomposición hasta que alguien mirase adentro, lo que significaba que el pobre gato de Schrodinger estaba vivo y muerto al mismo tiempo.

Esto parecía darle muchísimo poder al “observador”. Definitivamente no era una forma de regir un universo.

Con el correr de los años los físicos propusieron otras alternativas a la visión de Copenhagen.

En 1952, cuando estaba en Princeton, el físico David Bohm, quien falleció en 1982, propuso una versión de la mecánica cuántica en la que había un nivel más

profundo, un potencial cuántico u “orden implícito” que guiaba el indisciplina aparente de los eventos cuánticos.

Otra variante es la hipótesis de varios mundos desarrollada por Hugh Everett III y John Wheeler, en Princeton en 1957. En esta versión la función de la onda no colapsa cuando el físico observa un electrón o un gato, sino que se divide en universos paralelos, uno para cada uno de los posibles resultados de un experimento o medición.

Cállate y calcula

La mayoría de los físicos simplemente ignoró el debate sobre el significado de la teoría cuántica y la utilizaron a su favor para investigar el mundo. Esta actitud recibió el nombre de “cállate y calcula”.

El descubrimiento de Pauli de que dos electrones no pueden compartir la misma órbita en un átomo llevó a una nueva comprensión de los átomos, los elementos y la química moderna.

La mecánica cuántica dividió al átomo y colocó a la humanidad al borde de una catástrofe. Los ingenieros aprendieron cómo “impulsar” a los electrones hacia los niveles más altos de energía en grandes cantidades de átomos y que luego éstos liberen toda la energía de una sola vez. Esto dio como resultado el surgimiento del láser. Como dijo el Dr. Lederman en una entrevista, “la historia de los transistores consiste en resolver la ecuación de Schrodinger en varios materiales”.

Los efectos cuánticos no estaban limitados a lo pequeño. El principio de incertidumbre indica que la energía en un campo o en un espacio vacío no es constante, sino que puede fluctuar muchísimo cuanto más corto sea el período de tiempo que la observamos. Se cree que esas fluctuaciones cuánticas que existieron durante el Big Bang son el origen de las galaxias.

En algunas teorías, el universo es un efecto cuántico, el resultado de una

¹ *Scientific American*, noviembre de 2002.

fluctuación de algún tipo de nada pre-universal. “De manera que damos un salto cuántico desde la eternidad hasta el tiempo”, afirmó el físico de Harvard Sidney Coleman.

Adónde va la rareza

Bohr ignoró el gato de Schrodinger alegando que era demasiado grande como para ser considerado un objeto cuántico, pero ya no es posible seguir ignorándolo. En las tres últimas décadas los experimentos *gedanken* concebidos por Einstein y sus amigos se han convertido en “*ungedanken*” y han puesto nuevamente sobre el tapete los temas que antes analizaban.

El verano pasado dos equipos de físicos lograron que las corrientes vayan en dos direcciones al mismo tiempo alrededor de lazos de cables superconductores diminutos – una hazaña que ellos comparan con el gato de Schrödinger. Esas proezas, afirmó Wojciech Zurek, teórico de Los Alamos National Laboratory, nos plantean la pregunta de por qué vivimos en un mundo clásico y no en uno borroso y cuántico.

Bohr postuló un límite entre los mundos cuántico y clásico, pero los teóricos prefieren la existencia de un solo mundo que de alguna manera pueda tener solidez propia. Esta es la idea de un nuevo concepto llamado decoherencia, en el que la interacción de las funciones de onda con el ambiente desestabiliza el delicado equilibrio de los estados cuánticos y hace que un gato esté vivo o muerto pero no en el medio.

“No necesitamos un observador, sino solo ‘algo’ que mire”, explicó el Dr. Zurek. Cuando observamos algo, aprovechamos los fotones, que transportan la luz y contienen información extraída del objeto. Esta pérdida de información en el ambiente es suficiente para hacer chocar la función de onda, afirmó.

Como indica el Dr. Zurek, la decoherencia baja al observador del pedestal y libera a la teoría cuántica de algunos de sus misticismos, pero sin embargo quedan muchas rarezas por resolver. Pensemos en las computadoras cuánticas, que según el Dr. Lederman son “una interpretación más afable, más agradable del susto cuántico”.

Las computadoras comunes almacenan datos y realizan cálculos en series de “bits”, que son interruptores que pueden estar encendidos o apagados. Pero en una computadora cuántica debido al principio de superposición, los denominados “qubits” pueden estar encendidos y apagados al mismo tiempo y de esta forma calcular y almacenar enormes cantidades de números al mismo tiempo.

En principio, de acuerdo con David Deutsch, investigador la Universidad de Oxford y uno de los pioneros más francos de la computación cuántica, un gran número de cálculos, “una cantidad potencialmente mayor al número de átomos existentes en el universo”, podría ser superpuesto dentro de una computadora cuántica para resolver problemas que a la computadora clásica le tomaría un tiempo mayor a la edad del universo. Para muchos expertos, este tipo de computación ilumina la naturaleza de la realidad misma.

El Dr. Deutsch afirma que la teoría de la computación cuántica obliga a los físicos a tomar muy en serio la interpretación que hace la teoría cuántica sobre los mundos diversos. La cantidad de información que se procesa en estos cálculos paralelos, explica, es mayor a la que el universo puede contener. Por lo tanto, deben suceder en otros universos paralelos, del “multiverso”, como a veces se lo llama.

“No existe otra teoría sobre lo que está sucediendo”, afirmó. El mundo es mucho más grande de lo que parece; él considera que comprender esto tendrá un impacto psicológico equivalente al de las primeras

fotografías de los átomos. Para el Dr. Deutsch parece haber una profunda conexión entre la física y la computación. La estructura de la computadora cuántica, dice, contiene muchas cosas que suceden al mismo tiempo, muchos cálculos paralelos. “Todo proceso físico que ocurra en la mecánica cuántica consiste en cálculos clásicos que transcurren en paralelo”, afirmó.

“La teoría cuántica de los cálculos es la teoría cuántica”, concluyó.

Las raíces de la rareza

La mecánica cuántica es el lenguaje en el que los físicos describen todos los fenómenos de la naturaleza excepto uno, la gravedad, que se explica con la teoría general de la relatividad de Einstein. Las dos teorías, una que describe una realidad discontinua “cuantizada” y la otra una secuencia de espaciotiempo que se curva suavemente, son matemáticamente incompatibles, pero los físicos están en la búsqueda de una unión de ambas a la que denominan gravedad cuántica.

“Existen diversos enfoques respecto a si la teoría cuántica podrá incluir a la gravedad o si tanto ésta teoría como la relatividad general tendrán que ser modificadas”, dijo Lee Smolin, teórico de Penn State.

Algunas bases fueron establecidas hace tiempo, en la década de 1960, por el Dr. Wheeler, de 89 años, quien discutió la teoría cuántica con Einstein y Bohr. Incluso el espacio y el tiempo, indicó, deben pagar sus deudas al principio de incertidumbre y transformarse en discontinuos, desglosándose a distancias muy pequeñas o en la agonía comprimida del Big Bang en una “espuma” de espaciotiempo.

La mayoría de los físicos pone hoy sus esperanzas en la teoría de las supercuerdas, un continuo esfuerzo matemáticamente denso por entender la naturaleza como

compuesta de pequeñas cuerdas que vibran en un espacio de 10 dimensiones.

En una especie de comunicado desde el frente, Edward Witten del Institute for Advanced Study en Princeton, N.J., afirmó recientemente que la mecánica cuántica parecía ser válida para el mundo de las cuerdas exactamente como se la describía en los libros de texto. Pero en un mensaje de e-mail dijo que “la mecánica cuántica está integrada de alguna manera con la geometría si bien todavía no entendemos cómo”.

El quantum es misterioso, continuó, porque va en contra de la intuición. “Soy uno de los que cree que el quantum seguirá siendo misterioso en el sentido de que si el futuro trae algún cambio en la formulación básica de la mecánica cuántica, sospecho que nuestra intuición común quedará incluso mucho más atrás”.

A pesar de la intuición, algunos pensadores se preguntan si la rareza cuántica podría ser la forma más simple de hacer un universo. Después de todo, sin un principio de incertidumbre que torne más difusas las ubicaciones de sus enérgicos habitantes, el átomo se desplomaría en una masa electromagnética. Sin fluctuaciones cuánticas que sacudan la suavidad impura del Big Bang, no habría galaxias, estrellas o planetas cálidos y acogedores. Sin un principio de incertidumbre que prohíba la nada, quizás ni si quiera habría un universo.

“Reconoceremos cuán simple es el universo”, dice a menudo el Dr. Wheeler, “cuando reconozcamos todo lo extraño que en realidad es”. Einstein decía que la pregunta que realmente lo consumía era si Dios tuvo alguna elección al crear el mundo. Quizás al final descubramos que para Dios, el único juego de la ciudad era el de los dados.

Cuando esta teoría se aplica a la fuerza del electromagnetismo, se llama electrodinámica cuántica o EDC. Cuando se aplica a la fuerza fuerte se denomina cromodinámica cuántica o CDC. Si bien

fue propuesta por primera vez en la década de 1970, los científicos todavía están ocupados probando la CDC. Toda la evidencia encontrada hasta ahora la ha confirmado. Dos experimentos recientes, el último terminado en 1995, requirieron de una supercomputadora que pudiese realizar 11 mil millones de operaciones aritméticas por segundo y que funcionase continuamente durante dos años seguidos, y aún así lograron obtener solo una aproximación.

Recientemente, se han llevado a cabo intentos de aplicar la física cuántica al espacio y al tiempo¹. Esto significaría que el espacio y el tiempo también aparecen en cantidades discretas o en bloques. En otras palabras, no son suaves sino granulares². Es cierto que tenemos la sensación de que el espacio y el tiempo son lisos. Pero esto es solo una ilusión. Si miramos el mundo en una escala lo suficientemente pequeña, vemos un escenario diferente³. Veremos que el espaciotiempo está hecho de estructuras granulares finas, lo cual nos ayuda a explicar por qué nos parece tan suave: En cuanto al tiempo, “el abrir y cerrar de un ojo tiene más momentos fundamentales que la cantidad de átomos existentes en el monte Everest”, dice el físico Smolin. Lo mismo ocurre con el espacio, que está compuesto de átomos

discretos que transportan una unidad de volumen muy pequeña.⁴

Una vez que se demostró que el espacio y el tiempo presentan efectos cuánticos, la gravedad también debería estar sujeta a estas fuerzas. A grandes escalas, los efectos de la gravedad son fáciles de observar: pensemos en manzanas que se caen, o en el movimiento de los planetas alrededor del sol. Sin embargo, a un nivel atómico, la fuerza es extremadamente débil, lo que hace que sea difícil medir sus efectos cuánticos. Pero en 2002, los científicos finalmente pudieron confirmar lo que predicen las reglas cuánticas: que las partículas elementales bajo la influencia de la gravedad se mueven de un estado de energía a otro efectuando saltos cuánticos.

¹ Una teoría que se usa para describir esto se llama gravedad cuántica de lazo.

² Como afirma Lee Smolin de Pennsylvania State University en su nuevo libro *Three Roads to Quantum Gravity*.

³ Smolin: Detrás de ellos hay un mundo compuesto de conjuntos discretos de eventos, que se pueden contar a un nivel de entre 10⁽⁻³³⁾ centímetros y 10⁽⁻⁴³⁾ segundos, es decir, el tiempo que le toma a la luz iluminar un espacio tan angosto. Esto nos da una unidad de medida llamada “escala de Planck”, que es el tamaño en el que el espacio y el tiempo se pueden fragmentar en unidades diferentes.

⁴ Smolin sostiene que debemos adoptar un punto de vista “relacional, en el que el espacio y el tiempo no son más que una red relaciones”.

APÉNDICE D: PARTÍCULAS SUBATÓMICAS

i-El modelo estándar, las cuatro fuerzas y sus partículas

ii-Neutrinos

iii-Antimateria

iv-Materia perdida y partículas pares

v –Otras partículas esperadas

APÉNDICE D: PARTÍCULAS SUBATÓMICAS

i-El Modelo Estándar, las cuatro fuerzas y sus partículas

(Ver **Apéndice B** para una descripción de cada una de las cuatro fuerzas)

Los átomos están compuestos de un núcleo en el centro y de electrones que los rodean. El núcleo a su vez contiene neutrones y protones que están hechos de quarks. Los bloques de construcción básicos del universo son en realidad electrones y quarks más una partícula misteriosamente neutra llamada neutrino de la que nos ocuparemos más abajo.

Existen cientos de partículas subatómicas que han sido descubiertas hasta ahora. Algunas de ellas existen solo durante fracciones de segundo, cuando los electrones, protones y otras partículas chocan. Cada vez que se crea una partícula, también aparece una antipartícula. Si una partícula choca con su antipartícula se destruyen. (A los científicos les resulta difícil explicar por qué hay muchas más partículas que antipartículas en el universo). Cada una de las cuatro fuerzas opera en alguna sustancia subatómica y también tiene una sustancia transportadora para transmitir o comunicar la fuerza desde un lugar a otro. Las partículas asociadas con las verdaderas fuerzas se llaman fermiones, mientras que las que transportan las fuerzas se llaman bosones.¹

¹ Todas las partículas se dividen en fermiones y bosones. Los fermiones son las partículas que componen el mundo material. Entre ellas encontramos a los electrones, protones y neutrones, así como a las partículas relacionadas como el muon, el tau y los neutrinos. Los bosones generan las fuerzas de la naturaleza. Los fotones (responsables del electromagnetismo) y los gluones (que unen a los quarks) son los bosones más conocidos. Las partículas W y Z, así como el

graviton postulado y la partícula de Higgs también son bosones.

La diferencia de base entre los bosones y los fermiones es la siguiente: en un conjunto de partículas, si dos fermiones idénticos se intercambian (por ejemplo se cambian dos electrones) el estado cuántico total del conjunto se invierte. (La cresta y la base de una ola se intercambian). Por el contrario, si intercambiamos dos bosones idénticos, el estado se mantiene inalterado.

Los fermiones son los individualistas y solitarios del mundo de la partícula cuántica: dos fermiones no pueden ocupar el mismo estado. Su aversión a la compañía cercana es lo suficientemente fuerte como para evitar que una estrella neutrón colapse cuando el peso aplastante de la gravedad sobrepasa a cualquier otra fuerza de la naturaleza. Por el contrario los bosones son simpáticos imitadores y se aglutinan en estados idénticos. Cada boson en un estado en particular alienta a más miembros de su especie a que lo emulen. En las condiciones apropiadas, los bosones forman regimientos armados de clones, como los fotones de un rayo láser o los átomos de un superfluido de helio 4. Estas características dieron como resultado el principio de exclusión de Pauli, que impide que dos fermiones ocupen el mismo estado cuántico. En cambio, los bosones prefieren reunirse en estados idénticos, como lo demuestran los átomos de helio 4 en un superfluido

Sin embargo, en el espejo de la supersimetría, los fermiones, que son distantes, mágicamente se muestran como los bosones, que son sociables y viceversa. Podríamos decir figurativamente que es una simetría que nos permite comparar a las manzanas con las naranjas. Al mostrar una manzana en el espejo de la supersimetría, su reflejo tiene el gusto y el aspecto de una naranja.

Al asociar los bosones con los fermiones y viceversa, la supersimetría abre el camino a una nueva clase de posibles relaciones entre las partículas. Estas relaciones redundan en un gran poder computacional para analizar o predecir el comportamiento de un sistema

Para que las partículas conocidas obedezcan a la supersimetría cada una de ellas debe tener una "supercompañera"; cada boson debe tener un fermion correspondiente y viceversa. Las partículas conocidas no tienen las propiedades adecuadas para ser una la compañera de la otra, por lo que se predicen nuevas partículas. El modelo estándar se extiende al de la supersimetría. Los compañeros fermionicos postulados utilizan los nombres de

La **gravedad**, opera con objetos grandes. La partícula que supuestamente debe transmitir la gravedad se llama **graviton**. Los gravitones nunca se han visto ni han sido probados. Esto se debe a que la gravedad es tan débil que el efecto del graviton en la materia es muy difícil de detectar.

Tanto el electromagnetismo como la fuerza débil operan con electrones (y versiones más pesadas del electrón llamadas muones y taones), si bien la fuerza débil opera con quarks (ver fuerza fuerte más abajo) y la partícula más común en el universo, el neutrino. (Ver **ii – Neutrinos**). La partícula transmisora del electromagnetismo es el fotón, que también transmite luz. Las de la fuerza débil son las partículas W y Z.

La fuerza fuerte opera con **quarks**, de los cuales existen 18 tipos. Sin embargo, solo los quarks más livianos, el superior y el inferior, contienen protones ordinarios y neutrones. Los otros (el de arriba y el de abajo, el extraño y el atractivo) no aparecen en el mundo natural. Se considera que existieron al momento del Big Bang y han sido reproducidos en aceleradores gigantes con el esfuerzo de miles de científicos. El quark superior, el más difícil de reproducir, fue confirmado finalmente en Fermilab (cerca de Chicago) recién en 1995 a través de varios grupos compuestos por un total de 1.000 científicos. Resultó ser muy pesado (más que un átomo de oro) y tiene un tiempo de vida de tan solo 10^{-24} de un segundo. Sin embargo, a temperaturas muy altas (como la que existió poco después del Big Bang), el quark pierde toda la masa, al igual que ocurre con los W, los Z, los fotones y los leptones).

La fuerza fuerte es tan poderosa que incluso los quarks que aparecen en el

mundo natural nunca se encuentran solos, sino en protones y neutrones únicamente.

La partícula transmisora de la fuerza fuerte es el **gluón**. Cuando la fuerza débil actúa sobre los quarks, hace que se descompongan e irradia energía (radiación).

El Modelo Estándar

Scientific American, julio de 2000, *The Large Hadron Collider*:

En los últimos 30 años, los físicos de las partículas establecieron un marco relativamente compacto, el Modelo Estándar, que describe correctamente la estructura de la materia hasta 10^{-18} metros. Este modelo caracteriza sucintamente todos los componentes conocidos de la materia y tres de las cuatro fuerzas que controlan su comportamiento. Los componentes de la materia son seis partículas llamadas leptones y otras seis denominadas quarks. Una de las fuerzas, conocida como la fuerza fuerte, actúa sobre los quarks y los cohesiona para formar cientos de partículas que reciben el nombre de hadrones. El protón y el neutrón son hadrones, y un efecto residual de la fuerza fuerte los une para formar los átomos nucleicos. Las otras dos fuerzas son el electromagnetismo y la fuerza débil, que opera en un rango muy corto pero es responsable de la descomposición radioactiva beta y es esencial para el ciclo de combustible del sol. El Modelo Estándar es una explicación elegante de esas fuerzas de remolque como una fuerza electrodébil “unificada”, que relaciona sus propiedades a pesar de que parezcan muy distintas.

Más de 20 físicos han ganado Premios Nobel por trabajos que contribuyeron al Modelo Estándar, desde la teoría de electrodinámica cuántica (el premio de 1965), pasando por el descubrimiento del neutrino y la partícula tau (1995) hasta el trabajo teórico de Gerardus ‘t Hooft y Martinus J. G. Veltman mientras estaban

photino, gluino, Wino, Zino, gravitino y higgsino. Los compañeros bosónicos tienen una ‘s’ agregada a sus nombres: selectron, smuon, squark, etc. Ninguna de estas partículas ha sido detectada aún.

en la Universidad de Utrecht (1999). Aunque es un gran logro científico, confirmado por abundantes experimentos (algunos de extraordinaria precisión), el Modelo Estándar tiene varios defectos graves.

En primer lugar, no es consecuente en la inclusión de la teoría de Albert Einstein sobre las propiedades del espaciotiempo y su interacción con la materia. Esta teoría, la de la relatividad general, provee una descripción maravillosa de la cuarta fuerza, la gravedad, correctamente verificada con experimentos. La dificultad reside en que el Modelo Estándar es una teoría completamente basada en la mecánica cuántica, mientras que la relatividad no lo es y por lo tanto sus predicciones deben caer a escalas muy pequeñas (muy lejos del dominio en el que ha sido testada). La ausencia de una descripción mecánico-cuántica de la gravedad hace que el Modelo Estándar sea incompleto desde el punto de vista lógico.

Segundo, aunque describe correctamente una amplia gama de datos con ecuaciones simples, el Modelo Estándar contiene muchas características aparentemente arbitrarias. Es demasiado barroco, demasiado bizantino para ser la historia completa. Por ejemplo, no indica por qué hay seis quarks y seis leptones en lugar de, por ejemplo, dos o cuatro. Tampoco explica por qué existe igual número de leptones y electrones. ¿Esto es solo una coincidencia? Sobre el papel podemos plantear teorías que nos dan mejores respuestas y explicaciones en las que hay profundas conexiones entre los quarks y los leptones, pero no sabemos si alguna de estas teorías es correcta.

Tercero, el Modelo Estándar posee un elemento sin terminar y que no ha sido testado. Este no es un detalle menor sino un componente central: un mecanismo para generar las masas observadas de las partículas. Éstas son extremadamente importantes. Alterar la masa del electrón, por ejemplo, cambiaría toda la química y

las masas de los neutrinos afectan la expansión del universo. (Estas últimas son, como máximo, millonésimas partes de la masa de un electrón, pero experimentos recientes indican que probablemente no sean iguales a cero.)

Los físicos consideran que las masas de las partículas se generan a través de interacciones con un campo que resulta permeable a la totalidad del universo; cuanto mayor es la interacción de una partícula con su campo, más masiva es. Sin embargo, la naturaleza de este campo aún se desconoce. Podría ser un nuevo campo elemental, conocido como el campo de Higgs, en nombre del físico británico Peter Higgs. Alternativamente, podría ser un objeto compuesto, hecho de partículas nuevas (“tecniquarks”) fuertemente unidas por una nueva fuerza (“tecnicolor”). Incluso si es un campo elemental, hay muchas variaciones con respecto a los temas de higgs: ¿cuántos campos de higgs existen y cuáles son sus propiedades detalladas?

Para abordar este tipo de física es necesario recrear las condiciones que existieron una trillonésima parte de segundo después del Big Bang, una tarea que podría llevar a la tecnología moderna a su límite, e incluso más allá.

Charles W. Petit escribió el siguiente artículo en *U.S. News & World Report*, el 19 de febrero de 2001 con el título ***A la luz del muón:***

La semana pasada ... los investigadores revelaron la primer señal de error en el Modelo Estándar ...

Un equipo internacional de 68 miembros pasó varios años examinando en detalle los escombros producidos por miles de millones de protones que chocaron contra el níquel casi a la velocidad de la luz en el ciclotrón de Brookhaven. Estaban buscando un número – específicamente una ratio en el comportamiento magnético de las partículas giratorias de vida corta, denominadas muones; son similares a los electrones pero más pesadas. El resultado

obtenido fue el número 0.0011659203. El Modelo Estándar, que siempre ha sido verificado por mediciones precisas se acerca más al número 0.0011659159.

ii-Neutrinos

Los neutrinos son partículas diminutas, electrónicamente neutras, 600 millones de veces más numerosas que los electrones y los protones juntos, que se mueven a altas velocidades, cercanas a la de la luz, a través del universo. Los neutrinos penetran cualquier cosa: hay millones de ellos moviéndose a nuestro alrededor en cualquier momento y pueden atravesar la tierra de una punta a la otra.

Hasta 1998 se consideraba que los neutrinos no tenían masa, pero un gigantesco detector que fue colocado a 2000 pies debajo del eje de una mina en Japón y llenado de agua descubrió que en realidad sí tienen una pequeña masa¹. Si ésta última fuese tan solo de un décimo de un voltio electrón, los neutrinos darían cuenta de la masa de la totalidad del universo visible.

Esto es muy significativo porque explicaría gran parte de la “materia perdida” del universo. También podría acarrear importantes modificaciones en el modelo estándar de la materia. (*Scientific American*, agosto de 1998)

¹ Según el Modelo Estándar, los neutrinos no tienen masa. Pero hace dos años, en un experimento japonés llamado Super-Kamiokande, se encontraron pruebas de que los neutrinos tienen, al menos, una pequeña masa, sin determinar cuál es esa masa. Se están llevando a cabo actualmente experimentos que disparan rayos con neutrinos a cientos de millas debajo de la tierra hacia detectores distantes para comprobar si un tipo de neutrino se transforma en otro tipo diferente en el trayecto. De acuerdo con las teorías avanzadas, una transmutación de ese tipo estaría indicando la existencia de la masa. Conocer el valor de la masa podría ayudar a resolver muchos enigmas, incluida la pregunta de cuántas aglomeraciones de neutrinos existentes en el espacio podrían contribuir al peso del universo.

Sin embargo, los neutrinos siguen siendo problemáticos porque el sol estaría omitiendo muchos más de los que medimos y que provendrían de esa fuente. Algunas teorías especulan con la existencia de al menos cuatro tipos de neutrinos (conocemos tres actualmente) y que uno de ellos (el neutrino estéril) es indetectable. (*NY Science Times*, 1998)

En julio de 2000, se descubrió el neutrino tau en Fermilab (*Fermi National Accelerator Laboratory*) cerca de Chicago². (Según lo informado en el *New York Times* por James Glanz). (Los científicos tuvieron que disparar unos 100 trillones de neutrinos en una emulsión avanzada similar a una película fotográfica y solo cuatro de ellos produjeron rayas diminutas pero claramente reconocibles en la emulsión. Aunque se sospechaba de su existencia desde hace 25 años, los neutrinos tau habían escapado la detección porque se necesita una gran cantidad de energía para crearlos y porque atraviesan gran parte de la materia casi sin dejar rastros. Hasta mediados de la década de 1990 muchos científicos consideraban que la detección del tau era prácticamente imposible). Así, solo queda una partícula por descubrir predicha por el Modelo Estándar: el bosón de Higgs. Según la teoría, es la fuente de toda la masa del universo.

² Los neutrinos, al igual que los electrones y los muones, son conocidos como leptones dentro del Modelo Estándar. Estos últimos son un tipo de partículas que no interactúan fuertemente con la materia. De manera que cuando el Dr. Perl y sus colegas descubrieron en 1975 un nuevo leptón, llamado partícula tau, supusieron que el neutrino electrón y el neutrino muon tendrían compañía pronto con el neutrino tau. El Dr. David O. Caldwell, físico de la Universidad de California en Santa Barbara, indicó que habría sido “una sorpresa increíble” si la partícula tau no hubiese tenido su neutrino propio, como lo tienen el muon y el electrón. Algunas teorías especulativas que van más allá del Modelo Estándar postulan incluso otro neutrino, llamado neutrino estéril, que no estaría asociado con ninguna otra partícula.

El físico Wolfgang Pauli postuló por primera vez la existencia de los neutrinos en la década de 1930 para explicar la energía y la velocidad que parecían desvanecerse durante la descomposición radioactiva de varios elementos. Las partículas tienen una interacción tan débil que los físicos tuvieron que esperar casi 30 años para presenciar la primera detección de los neutrinos.

iii-Antimateria

En 1928 el físico inglés P.A.M. Dirac predijo la existencia de la antimateria. Dirac sostenía que por cada partícula de materia había una antipartícula con la misma masa pero con la carga contraria. Estas antipartículas podían unirse y formar antiátomos, los cuales a su vez podían formar la antimateria correspondiente de cada objeto en el universo – antiestrellas, antigalaxias, e incluso antihumanos. Si una partícula de materia chocase con una de antimateria los dos serían aniquilados en un estallido energético de rayos gamma. Si un humano y un antihumano se dieran la mano, la explosión resultante sería el equivalente a 1.000 explosiones nucleares de un megatón y cada una sería capaz de destruir una ciudad pequeña.

Era una proposición extraordinaria. La teoría fue confirmada solo cuatro años más tarde, cuando Carl D. Anderson, un físico del California Institute of Technology, detectó la primer antipartícula. Al utilizar una cámara de nubes para estudiar los rayos cósmicos – partículas de alta energía que bombardean la Tierra desde el espacio – Anderson observó una estela de vapor dejada por una partícula que tenía la misma masa que un electrón pero con la carga contraria (es decir, positiva). Ésta recibió el nombre de positrón y era la antimateria correspondiente del electrón. Los antiprotones eran más difíciles de encontrar, pero en 1955 físicos del Lawrence Berkeley Laboratory utilizaron

un acelerador de partículas para crearlos. En 1995 científicos del CERN, el laboratorio europeo de la física de las partículas cerca de Ginebra, sintetizó átomos de antihidrógeno –por un instante– al mezclar positrones y antipositrones en un acelerador de partículas.

En los últimos años los científicos construyeron detectores sofisticados para buscar antimateria en los rayos cósmicos. Dado que éstos se destruyen al chocar con los núcleos de las moléculas de aire, los investigadores han lanzado sus detectores en globos hacia las zonas de la atmósfera de menor alcance. Allí encontraron muchas antipartículas de diversos tipos.

iv-Materia perdida y partículas pares

Los astrónomos sostienen que el 90% del universo o sería indetectable o materia oscura. Existen tres formas de medir la masa total del universo, cada una de ellas obtiene un resultado diferente e indica que el universo está lleno de algún tipo materia extraordinaria.

Otro misterio que esta materia perdida resolvería es por qué las cuatro fuerzas de la naturaleza difieren tanto en la fuerza (por alguna razón, las fuerzas cuánticas deberían igualar al poder de éstas). Una forma de explicar esto es mostrar de qué manera cada fuerza se agrupa de a pares con otra que se encuentra escondida en algún tipo de supersimetría. Los fotones se agruparían con un fotino (en teoría), el quark con un squark y así sucesivamente., los físicos creen que por cada partícula existente, hay una “spartícula” más masiva por descubrir.

La búsqueda de las spartículas es un objetivo central de la física hoy. La más fácil de encontrar sería la más liviana, el “neutralino”. Se cree que es mucho más grande que un protón, aunque más débil. Por eso se la llama WIMP – partícula

masiva de interacción débil [por sus siglas en inglés]. Los físicos creen que las WIMPs constituirían la materia oscura perdida, o al menos la mayor parte de ella¹. La cantidad de WIMPs que el Big Bang habría producido tiene una buena correspondencia con la cantidad de materia perdida u oscura. De hecho, en 1999 un grupo italiano de científicos afirmó haber encontrado WIMPs, aunque muchos científicos siguen siendo escépticos al respecto. (*Scientific American*, marzo de 1999)²

¹ Hay por lo menos dos candidatas para la partícula oscura. Uno se llama axion, un hilo que pesa menos de una mil millonésima parte de un electrón. Los otros son los WIMPs, vestigios más pesados del Big Bang que pesarían lo mismo que un átomo de metal.

² Un equipo de físicos con base en la Universidad de Roma generó una intensa emoción y a la vez un profundo escepticismo entre los científicos del mundo al presentar evidencia de que habrían detectado una partícula pesada que podría resolver un misterio de 70 años en la astronomía y traer un importantísimo avance conceptual en la física. Las partículas pesarían como mínimo 50 veces más que un protón y casi siempre pasarían a través de otra materia sin dejar rastros ya que serían muy débiles para interactuar con ella. La nueva evidencia, que hasta ahora no ha sido confirmada por otros científicos, sugeriría que el espacio está repleto de suficientes partículas como para justificar la “materia oscura” largamente investigada y que se la ha denominado a veces neutralino y otras partícula masivas de interacción débil o WIMP. Los astrónomos consideran que esta partícula compone el 80% de toda la masa del universo.

Si bien los astrónomos han medido la fuerza gravitacional de la materia oscura desde la década de 1930, nunca han podido detectarla directamente. Una partícula como la que se habría encontrado también podría ser parte de una familia completa de partículas no descubiertas y que fueron predichas por una teoría física avanzada llamada supersimetría. Muchos físicos consideran que ésta última representa un posible primer paso hacia una teoría que daría cuenta de todas las fuerzas y los comportamientos de las partículas que conocemos en la naturaleza, y de esta forma uniría a la teoría cuántica con la gravedad, por ejemplo.

Los análisis de los datos recolectados durante años en un experimento subterráneo en el Gran Sasso National Laboratory al este de Roma “favorecen la

La detección de una partícula implica lograr que interactúe con la materia ordinaria en un instrumento, lo cual es bastante complejo de obtener precisamente porque las partículas de materia oscura no interactúan en forma ordinaria³.

La materia oscura estaría compuesta, al menos en parte, de agujeros negros “supermasivos⁴”. En octubre de 2002, los

posible presencia de una WIMP”. El grupo llegó a su conclusión al notar variaciones estacionales en los conteos registrados en su detector, que es lo que se esperaría si la Tierra está atravesando una nube de partículas en su órbita.

Dado que el sol orbita alrededor del centro de la Vía Láctea a una velocidad de alrededor de 140 millas por segundo, a través de las nubes de WIMPs, “mil millones de ellas estarían atravesando nuestro cuerpo cada segundo. Sin embargo, lo extraño es que una WIMP debería interactuar con la materia ordinaria en un choque”.

“La revolución copernicana nos dijo que no somos el centro del universo”, afirmó el Dr. Cline. “Esto nos indica que no somos la materia del universo”. Desde el punto de vista intelectual, afirmó, el desarrollo “es solo la punta de un iceberg impresionante, si es que esto es verdadero”. Pero un número de científicos, incluido el Dr. Turner, indicó que aún no está claro si éste descubrimiento era correcto.

³ La respuesta es diseñar detectores que discriminen lo suficiente como para poder escoger en trillones incontables la partícula de materia oscura que sí deja una marca de su paso, sin ser interferida por ruidos de fuentes mundanas como la radioactividad y los rayos cósmicos. Atrapar una WIMP implica introducir discos de germanio y silicio del tamaño de las pucks de hockey, enfriados casi a cero absoluto, y colocarlos en la profundidad de una mina. Otro equipo hace intentos con 250 libras yoduro de sodio, un material que emite débiles destellos de luz cuando las partículas chocan contra él. Un tercer intento utilizará un detector de cristal superenfriado. Y otro espera atrapar WIMPs en tanques de xenón líquido en las profundidades de la mina Boulby en Inglaterra.

⁴ Lo que sabemos es que en el centro de la Vía Láctea, nuestra galaxia, existe una masa oscura cuya composición se desconoce. Es menos misteriosa que la materia oscura, la cual no se puede ubicar en absoluto. Sin embargo, las investigaciones sobre la masa oscura también

astrofísicos rastrearon una estrella, llamada S2, que se movía rápidamente alrededor de una masa oscura en el centro de la Vía Láctea, lo cual de alguna manera respaldaría esta teoría¹.

Los agujeros negros supermasivos, aquellos cuya masa es un millón de veces más grande que la del sol, se encuentran en el centro de muchas galaxias². La fuerza de esta masa oscura es tan grande que ni si quiera la luz puede escaparle y esto hace que sea invisible, pero que sin embargo pueda ser sentida por su enorme fuerza gravitacional.

podrían arrojar nuevos conocimientos sobre la materia oscura.

¹ Una estrella que se encuentra cerca de un agujero negro supermasivo orbitará rápidamente alrededor de un punto con un espacio aparentemente vacío. Otra pista es la radiación emitida por el gas que se calienta justo antes de ser tragado para siempre por el agujero negro.

Los científicos rastrearon la órbita de la estrella conocida más cercana al agujero negro Sagitario A*, que es una masa oscura 3 millones de veces más grande que la del sol. Al seguir a esta estrella durante 10 años, descubrieron que sí orbita a Sagitario A*. Cuando se acerca a las fauces del agujero negro, la estrella alcanza su velocidad máxima, y pasa rápidamente por al lado de éste a 5.000 kilómetros por segundo.

² Se considera que los agujeros negros supermasivos evolucionan cuando los más pequeños se fusionan con otros, como las burbujas más pequeñas con una más grande, en el centro de una galaxia y comienzan a tragar todo lo que se interpone en su camino. Estos agujeros son los restos de un sol que explotó y que era mucho más grande que el nuestro. La explosión es un fenómeno celestial inusual denominado supernova, que sucede cuando estos soles desarrollados consumen todo su combustible nuclear.

Al no tener combustible para mantener la gigantesca presión que se requiere para contrarrestar la gravedad, la estrella implota en primer término y luego sus capas exteriores rebotan contra el centro y son violentamente expulsadas hacia el espacio en un proceso que representa una de las explosiones más poderosas de la naturaleza. Simultáneamente, el centro masivo continúa derrumbándose y rápidamente se destruye para formar un agujero negro.

En los últimos dos años, los científicos han aceptado un segundo ingrediente oscuro: una especie de energía oscura que hace que el universo se expanda a velocidades cada vez más altas. Incluso si una WIMP entra por error en una de estas trampas y los científicos pueden finalmente resolver este misterio de la materia oscura, aún quedará por esclarecer el de la energía oscura³.

v – Otras partículas esperadas

Existe todo un zoológico de partículas que según las predicciones serían la solución a lo que se conoce como el problema de la jerarquía; el de las gigantescas diferencias de tamaño entre las partículas básicas. El electrón es 350.000 veces más liviano que el quark más pesado y los neutrinos, si es que tienen masa, son más livianos aún⁴. Sin embargo, se espera que la teoría unificada produzca partículas mucho más grandes de las que ya conocemos⁵. Estas partículas solo aparecen como expresiones de cada una de las cuatro fuerzas. Pero cuando tratamos de combinar todas las fuerzas, la escala de energía se eleva de 10 a 16⁶, lo cual representa un gran salto que hace que la ratio anterior de 1 a 350.000 parezca

³ Tim Appenzeller en U.S. News & World Report, 27 de marzo de 2000, *Darkness Made Visible*.

⁴ La partícula más pesada que se conoce del Modelo Estándar es el quark superior cuya masa es equivalente una energía 175 voltios gigaelectrones (GeV). Un GeV es un poco más de la energía que contiene la masa de un protón.

⁵ Este nivel de energía no es en sí mismo el problema. Esto es por que cuando estas partículas se miden (en teoría) a los mismos niveles de energía, todas se igualan.

⁶ La escala en la cual se combinan las primeras fuerzas es de 10 a la 16. La escala de Planck, en la que la gravedad también se combina con estas fuerzas, es de 10 a la 18.

pequeña. Se han propuesto muchas soluciones a este problema; todas ellas predicen muchas partículas nuevas. Se espera que el *Large Hadron Collider* del CERN, cerca de Ginebra, determine cuál de estas teorías es correcta aproximadamente en el año 2020.¹

¹ Basado en el artículo Steven Weinberg publicado en *Scientific American*, pág. 39.

APÉNDICE E: INCERTIDUMBRE Y **PROBABILIDAD**

i- Nuevos conceptos de materia

ii- Incertidumbre

a – Incertidumbre práctica

b – Incertidumbre porque el hombre es parte del sistema

c – Incertidumbre cuántica

APÉNDICE E: INCERTIDUMBRE Y PROBABILIDAD

i- Nuevos conceptos de materia

En el siglo XX el concepto de materia como realidad física sólida ha ido desapareciendo. Las mesas y las sillas sólidas ahora son esencialmente consideradas como espacio vacío y los electrones y núcleos atómicos dentro de ellas ocupan solo los espacios más pequeños. La razón por la cual nuestra mano no atraviesa la mesa cuando la golpeamos no reside en que ésta es una masa sólida, sino que se debe a las fuerzas que mantienen unidos a los átomos. Esto resulta difícil de entender porque no es lo que vemos o experimentamos. Pero los científicos han probado que realmente es así.

El concepto científico del espacio y el tiempo también cambió. Éstos, que son la contraparte de la materia, ya no son absolutos y ni si quiera pueden ser considerados como dimensiones independientes.

Incluso la porción más pequeña de materia que queda se puede transformar en energía pura y hacer que la conexión entre el mundo físico y el espiritual sea mucho más factible.

En “El Tao de la Física”, Frijof Capra nos ofrece un escenario fascinante sobre el funcionamiento de esta cuestión. Sabemos que las partículas son también ondas. Pero “no son ondas tridimensionales ‘reales’. Son ondas de ‘probabilidad’. ... Estas estructuras no representan las probabilidades de las cosas, sino las de las interconexiones. ... Las partículas subatómicas no tienen sentido como entidades aisladas ... La teoría cuántica revela una unicidad básica del universo. No podemos descomponer el mundo en las unidades independientes más pequeñas que existen. ... La naturaleza no nos muestra ningún ‘bloque de construcción

básico’ aislado, sino que se nos aparece como una complicada red de relaciones entre las distintas partes del todo.” (pág. 78)

“Dos ... desarrollos de la física moderna han demostrado que la noción de las partículas elementales como unidades primarias de la materia debe ser abandonada. ... Desde el punto de vista experimental ... hoy conocemos más de doscientas partículas ‘elementales’. ... Está claro que no todas ellas pueden ser llamadas ‘elementales’ y actualmente existe una creencia generalizada entre los físicos de que ninguna de ellas merece ese nombre. Y en un nivel teórico, está claro que “una teoría completa de los fenómenos nucleares no solo debe ser una teoría cuántica, sino que además debe incorporar a la relatividad. Esto se debe a que las partículas que están limitadas a las dimensiones del tamaño de los núcleos se mueven tan rápido que su velocidad se acerca a la velocidad de la luz”. (pág. 86).

Capra demuestra que excepto que consideremos a las partículas como procesos dinámicos sujetos a las leyes de la relatividad, quedarán muchas contradicciones sin resolver. La masa que percibimos es solo la manifestación específica de la distribución de la energía disponible del sistema (pág. 89). Esto nos lleva a la idea de que las fuerzas y los objetos sobre los cuales operan son expresiones diferentes de lo mismo (pág. 245). El espacio vacío (en el cual operan los campos de fuerza) y la materia se tornan indistinguibles. Las partículas virtuales son la consecuencia de este proceso, ¡y emergen espontáneamente desde el espacio mismo! (pág 246).

ii-Incertidumbre

En el micromundo de la física subatómica (la que estudia las partículas que se encuentra dentro del átomo) hay tres tipos de incertidumbre:

a – Incertidumbre práctica

Esta incertidumbre deriva de la dificultad práctica de medir cosas muy pequeñas. Dado que hasta el aumento más poderoso en el microscopio más potente es insuficiente para ver algunas de esas partículas a primera vista, la única forma de observar partículas subatómicas es llevar a cabo actividades tales como reflejar su radiación o hacer chocar dos de esas partículas y observar lo signos reveladores de ese efecto. De esta forma, el observador no es solo un testigo objetivo de lo que está viendo, sino que es parte de ello y cambia el mundo subatómico en el mismo acto de intentar observarlo. Esta es la incertidumbre práctica, una función de nuestra imposibilidad de encontrar mejores formas de medir.

b – Incertidumbre porque el hombre es parte del universo

Existe sin embargo un segundo tipo, más intrínseco, de incertidumbre. A comienzos de siglo, Werner Heisenberg postuló lo que se conoce comúnmente como el Principio de Incertidumbre, que implica que podemos conocer la posición de un electrón o su velocidad pero no ambas al mismo tiempo. Esto se debe a que los electrones y los fotones (las unidades de luz) actúan como ondas y también como partículas. Lógicamente, esto parece imposible ya que una onda es una fuerza que se expande (pensemos en una ola en el mar) que tiene una longitud de onda, un pico y una base, mientras que una partícula es una entidad discreta que ocupa un lugar definido en el espacio y en

el tiempo. Sin embargo, hay muchos experimentos que prueban esto (en forma individual prueban que un electrón es una onda o una partícula pero conjuntamente se refieren a ambos).

Si intentamos medir la velocidad de un electrón, debemos medir su longitud de onda. Para hacer esto tenemos que observar una longitud de onda a cierta distancia, pero no podremos saber su posición ya que todo lo que tendremos será el rastro de una onda. Si por otro lado queremos saber la posición del mismo electrón, tendremos que permitir que muchas ondas se interfieran unas con otras en un punto específico. Cuanto más precisión queramos obtener, mayor deberá ser la cantidad de ondas que logremos interferir en ese punto. Pero cada una de ellas tiene su propia longitud de onda, es decir, su propia velocidad. Por lo tanto nunca podemos saber la velocidad de una partícula específica.

La realidad del mundo cuántico subatómico es que debemos elegir si queremos conocer la velocidad de una partícula o su posición, pero nunca podremos saber ambas. Heisenberg demostró que esta elección no es solo una dificultad práctica ni una especie de limitación experimental, sino que no había manera, ni si quiera en principio, de resolverla. Además, la elección misma de lo que queremos medir, en principio sin ninguna interferencia en el mundo, parece determinar la realidad final respecto de cuál es el agujero a través del cual pasará el electrón ¿o si se comportará como una onda o una partícula! Esto ha llevado a algunos físicos a afirmar que nuestro mundo es un universo centrado por el observador. El científico religioso Herman Branover asegura que dicho universo es necesario no solo para permitir la libertad de elección, sino para que las elecciones humanas realmente cambien el universo.

c – Incertidumbre cuántica

A partir de lo anterior, Neils Bohr demostró que existe un tercer tipo denominado incertidumbre cuántica. Para poder saber si una partícula se ha movido desde el punto A hacia el B, necesitamos medir su posición exacta en el punto A, su velocidad y la posición exacta en el punto B. Pero como mencionamos más arriba, no podemos medir todo eso junto. De manera que solo podemos hablar de la probabilidad de que una partícula se mueva de A hacia B. Cuanto más electrones tenemos, más alta es la probabilidad de que algunos de ellos lleguen a un punto determinado, pero nunca podemos saberlo con seguridad. Un elemento adicional en esta incertidumbre es que los electrones a veces se comportan de formas que no podemos predecir (por ejemplo, se introducen en objetos a través de los cuales no deberían poder pasar y aparecen del otro lado). De manera que lo que nos queda es un gráfico curvo en forma de campana que nos da las distintas posibilidades que tiene un electrón de reaparecer en un punto determinado.

El físico John Wheeler, de Princeton, inventó el término “espuma cuántica” para describir el hecho de que no solo las partículas aparecen y desaparecen sin límites de la existencia, sino también que el espaciotiempo cambia constantemente “y se agita con rapidez dándole forma a una geometría distorsionada”.

Fue precisamente con respecto a estas cuestiones que Einstein se reveló y afirmó que “no creo que D-s juegue a los dados”. Pero al final la comunidad física demostró que Einstein no tenía razón – hay incertidumbre dentro del universo.

Han habido varios intentos llevados a cabo por científicos destacados para darle sentido a la incertidumbre cuántica. El más conocido y de mayor influencia histórica fue la **Interpretación de Copenhague**, que afirma que existe una dualidad inherente a la naturaleza, llamada ‘complementariedad’, según la cual los atributos que son típicamente

contradictorios (como el hecho de ser una partícula localizada o una onda esparcida) pueden ser parte de la composición del mismo objeto físico pero nunca se pueden observar en el mismo experimento. Se considera que preguntarse cuál es el atributo que tiene el objeto no tiene sentido: la naturaleza de la medición determina cuál es la propiedad manifiesta. El *valor* de la cantidad medida (por ejemplo, la posición específica) se determina al azar al momento de la observación o de la interacción con el “nivel clásico”. Este cambio aleatorio es conocido como “el colapso de la función de onda”.

La **Interpretación de los Mundos diversos**, presentada por Hugh Everett en 1957 y actualmente sostenida por David Deutsch y otros, afirma que existe un gran número de universos paralelos con mayor o menor similitud con el nuestro. Los universos ‘vecinos’ difieren del nuestro solo en cuanto a la posición de unas pocas partículas. Estos universos no pueden ser detectados directamente pero las partículas contenidas en ellos pueden tener un efecto de interferencia en las partículas correspondientes en nuestro universo, lo cual explica el extraño comportamiento de éstas en los experimentos de interferencia, y algún día explicará el de las computadoras cuánticas. Por sobre todas las cosas, la realidad (el ‘multiverso’) es no aleatoria e independiente de los observadores¹.

¹ Basado en artículos publicados en la edición de diciembre de 2000/enero de 2001 de Philosophy Now, *The Many Worlds of David Deutsch*.

APÉNDICE F: RELATIVIDAD

i-Espaciotiempo

ii-Agujeros negros

APÉNDICE F: RELATIVIDAD

i-Espaciotiempo

El efecto del movimiento en el tiempo fue formulado por Einstein en 1905 en su Teoría Especial de la Relatividad, y el de la gravedad en el tiempo en 1914 en su Teoría General de la Relatividad.

La teoría de la relatividad cambió radicalmente la manera en que percibimos el tiempo y el espacio. Primero éstos estaban unidos, por lo que ya no podemos hablar del espacio o del tiempo sino de las cuatro dimensiones del espaciotiempo. Segundo, tanto el espacio como el tiempo demostraron no ser conceptos objetivos y absolutos. En realidad, ambos pueden ampliarse y reducirse.

La teoría sostiene que a medida que los objetos van más rápido, el tiempo va más lento (se estira o se dobla). Solo la velocidad de la luz se mantiene constante. Si un objeto fuese más rápido que la velocidad de la luz, desde el punto de vista teórico podría viajar hacia el pasado. Sin embargo, ningún objeto con ningún tipo de masa puede ir a la velocidad de la luz. Esto se debe a que cuanto más rápido se mueve un objeto, más se estira el tiempo (es decir, va más lento); el espacio que ocupa el objeto se achica y así aumenta su masa. Cuando se acerca a la velocidad de la luz es tan pesado que se necesitaría una cantidad casi infinita de energía para acelerarlo más. (Sin embargo, hay objetos que no tienen masa. Éstos pueden ir a la misma o mayor rapidez que la velocidad de la luz).

Esta idea de la desaceleración del tiempo fue espectacularmente ilustrado con el ejemplo de los mellizos. Un mellizo se queda en la Tierra y el otro va al espacio exterior en un cohete. Este último experimentará una desaceleración del tiempo en relación con el que se queda en la tierra. Cuando miramos en su reloj,

vemos que cada vez que se mueve su segundero, el nuestro en la tierra se ha movido varias veces. (El mellizo que se encuentra en el espacio no experimenta esto. Él mira su reloj y le parece que funciona normalmente). Cuando regresa a la Tierra, descubre que su hermano ha envejecido diez años y él solo dos. Los relojes atómicos actuales son tan precisos que pueden medir la desaceleración o la aceleración del tiempo. Estos efectos fueron observados en experimentos realizados en las décadas de 1960 y 1970. En uno de ellos llevado a cabo en 1971, se transportaron relojes atómicos en dos aviones de gran velocidad. Uno viajaba hacia el este, es decir, en la dirección de la rotación de la tierra y el otro, hacia el oeste. Al finalizar el vuelo, los relojes que se encontraban a bordo habían perdido o ganado tiempo (en relación a un reloj atómico en tierra), dependiendo de la dirección en que viajaban, como efecto del movimiento, y de su altitud, como efecto de la gravedad. Estos resultados confirmaron las predicciones realizadas por Einstein en su Teoría de la Relatividad.

El tiempo también corre más lentamente cuando la gravedad es mayor. Es más un poco más lento en el suelo que en la cima de un rascacielos; esto ha sido medido. Del mismo modo el tiempo en la tierra es más lento que en el espacio exterior. En el caso de los agujeros negros, la gravedad es tan fuerte que el tiempo parece detenerse por completo (nuevamente, esto es así cuando lo vemos desde nuestra perspectiva terrestre). Cuando miramos un reloj en la entrada de un agujero negro, no podemos ver si se mueven sus agujas (Ver **ii – Agujeros Negros**).

Cualquier persona que acelere o desacelere (no importa cuánto), o que se mueva de la gravedad baja hacia la alta, no

notará ninguna diferencia. Solamente alguien que observe a esa persona desde otro ángulo podrá verla.

El espacio también puede expandirse o contraerse dependiendo de la velocidad del objeto??? [sic]. En el acelerador lineal de partículas en Stanford, los electrones se mueven a una velocidad tan cercana a la de la luz que la longitud de tubo en su marco de referencia casi no llega a 1 pie¹.

ii-Agujeros Negros

Una de las cuestiones que predice la relatividad es la existencia de agujeros negros. Un agujero negro es un cuerpo cuya masa es tan densa y su gravedad es tan grande que todo aquello que sea atraído hacia él, incluida la luz, nunca puede escapar. No emite radiación electromagnética (al menos no a los niveles que los astrónomos esperaban detectar en algún momento) y de ahí proviene su nombre.

Los agujeros negros se dividen entre su horizonte de eventos, que es el punto a partir del cual no hay regreso, y una singularidad, el colapso de la materia hasta un punto casi matemático en el centro del agujero. De acuerdo con la relatividad, la gravedad hace que la luz se doble o se curve. En el caso de un agujero negro, la curvatura es tan grande que después de que luz llega al horizonte de eventos, se mueve hacia adentro en forma de espiral y queda atrapada para siempre. (Según Stephen Hawking, un poco de radiación sí se escapa en realidad).

Una de las formas en que se puede crear un agujero negro es a través de la explosión de una estrella, aunque la mayoría de ellas no se transforma en un agujero negro cuando se quema. Sin embargo, a veces están dadas las condiciones para que una estrella se torne

cada vez más densa. Atraviesa el punto en el que la densidad sería infinita y todas las leyes básicas de la física se quiebran.

Hasta hace poco, solo había evidencias indirectas de la existencia de agujeros negros. Las dos mejores pruebas son las siguientes: Primero, cerca de los centros galácticos, las estrellas se mueven tan rápidamente que se volarían si no estuviesen sostenidas por una enorme masa de gravedad – equivalente a mil millones de soles. Lo que sea que tenga esta masa, debe ser extremadamente densa y los teóricos no conocen ninguna alternativa a los agujeros negros. Segundo, muchos centros galácticos y sistemas solares binarios (con dos estrellas que rotan una alrededor de la otra) arrojan radiación y materia a velocidades descomunales. Deben contener un mecanismo extraordinariamente eficiente para generar esta energía. En teoría, la máquina más eficiente que existe es un agujero negro.

Sin embargo, no tenemos la certeza a partir de estas pruebas, especialmente de la segunda, de que sea un agujero negro el que produce estos efectos. Hay otras dos posibilidades: las estrellas neutrones y las enanas blancas. Si tomásemos la masa del sol cuya circunferencia es de 1,4 millones de kilómetros, ésta se desintegraría a 10.000 km en una estrella enana blanca. En una estrella neutrón la circunferencia sería de 60 km y el agujero negro de 6 km. De hecho, se descubrió que algunos de estos objetos eran estrellas neutrón (se llaman así porque una gran estrella se desintegró hasta el punto en que los átomos se aplastaron y sus núcleos se amontonaron).

En la revista *Scientific American* se informó (en mayo de 1999) que los astrónomos ahora podrían tener pruebas directas en forma de energía, la cual vieron desvanecerse en volúmenes de espacio sin dejar rastros. (Ver **Apéndice I ii** para conocer más acerca de la pérdida de

¹ En *Genesis and the Big Bang*, el Dr. Schroeder explica extensamente la relatividad.

información cuando entra en un agujero negro).

APÉNDICE G: LA RELIGIÓN Y LOS CIENTÍFICOS

i-Las creencias religiosas de los científicos

- a - Isaac Newton**
- b - Herman Weyl**
- c - Max Born**
- d - Arthur Eddington**
- e - Max Planck**
- f - Robert Jastrow**
- g - Charles Townes**
- h - Carl Sagan**
- i – Steven Weinberg**
- j - Stephen Hawking**

ii-Científicos ortodoxos en la historia

- a-Rambam**
- b-Vilna Gaon**

iii-Científicos ortodoxos contemporáneos

- a-Avraham Steinberg**
- b-Elie Schusheim**
- c-Leo Levi**
- d-Abraham HaSofer**
- e-Cyril Domb**
- f-William Etkin**
- g-Alvin Radkowsky**
- h-Aaron Vecht**
- i-Rabbi Moshe Tendler**
- j-Herman Branover**
- k-Rabbi Dr. Naftali (Norman) Berg**
- l- Dr. Aryeh Gotfryd**
- m-Dr. Alexander Poltorak**
- n- Profesor Velvel Greene**
- o- Profesor Yakov Brawer**
- p- Profesor Barry Simon**
- q-Arnold Penzias**
- r-Gerald Schroeder**

APÉNDICE G: LA RELIGIÓN Y LOS CIENTÍFICOS

i-Las creencias religiosas de los científicos

A lo largo del texto hemos abordado en varias ocasiones el tema de las creencias de la ciencia y de los científicos. (Ver el **Capítulo F** y también **El prejuicio secular de la evolución** al final de la crítica de la evolución). Lo que sigue es un listado con los nombres de algunos científicos y de sus creencias específicas. Es importante recalcar que:

i- La mayoría de los científicos mundialmente famosos del siglo XX creían en D-s. Sin embargo cuando les preguntan si creen en un D-s con el cual uno pueda tener una relación y al cual se le pueda rezar, la mayoría de los científicos importantes (el 60% según un estudio) responde en forma negativa. Si los grandes científicos contemporáneos están distanciados de la Divina Providencia o si los altos niveles del mundo académico eligen no creer, continúa siendo una pregunta abierta¹. Lo que está claro es que a diferencia de los científicos creyentes, que han enfrentado el desafío de pensar profundamente por qué creen y en qué, las razones que esgrimen los científicos no creyentes rara vez están pensadas con claridad. Ernst Mayr realizó una encuesta entre sus colegas de Harvard y descubrió que había dos fuentes. A una de ellas la caracterizó como “Oh, me hice ateo desde el principio. Simplemente no podía creer en toda esa cosa supernatural”. Pero otros le dijeron, “No podía creer que existiera D-s con toda la maldad que hay en el mundo”. Mayr agrega que la mayoría de los ateos combinan las dos posiciones.²

¹ Ver *Scientific American*, septiembre 1999, pág. 81.

² Ibid.

ii- La naturaleza de esa creencia estaba muy alejada de la idea de una Divina Providencia. (Algunos utilizan la denominación ‘el D-s del científico’ para referirse a esta idea. Sin embargo no hay una creencia sólida en D-s.)

a - Isaac Newton

El maravilloso orden de la naturaleza no puede ser otra cosa que el efecto de la sabiduría y la habilidad de un Agente poderoso y eterno. (Óptica, en Baumer 53) Debemos creer que Él es el D-s de los judíos, que creó los cielos, la tierra y todas las cosas que hay en ellos tal como está expresado en los diez mandamientos. (Manuel Frank, *Religion of Sir Isaac Newton*, Oxford Press, 1974)

b - Herman Weyl

Profesor de matemática en Princeton: La respuesta última está más allá de todo conocimiento, solo en D-s. (*The Open World*, Yale U Press, 1931, pág. 28)

c - Max Born

Le dio la forma final a la Teoría Cuántica: El científico está sediento de algo que está fijo...en el torbellino universal: D-s, la belleza, la verdad. (*The Restless Universe*, Dover, pág. 277)

d - Arthur Eddington

Un astrónomo destacado: La religión no es incompatible con la ciencia. Debajo del mundo físico yace un dominio espiritual que levanta el velo en algunos lugares. Él creía que hay un nuevo enfoque de la realidad en las profundidades del alma del hombre, más allá de la presencia material y reveladora de D-s. (*Modern Physics*, pág. 373).

e - Max Planck

Descubrió la teoría cuántica: La ley del menor esfuerzo nos ofrece pruebas claras de una Inteligencia Suprema que reina omnipotentemente en la Naturaleza. (*The New Science*, Meridian, 1959) (La ley del menor esfuerzo significa que cuando la luz se enfrenta con una cantidad de sustancias de distintas densidades, y tiene que viajar a través de una de ellas para llegar al otro lado, siempre buscará aquella densidad que le permita llegar hasta el extremo en el menor tiempo posible, aunque parezca que pueda elegir cualquier otro camino). Existen pruebas de un orden inteligente del universo al cual están sujetos tanto el hombre como la naturaleza.

f - Robert Jastrow

Astrónomo mundialmente famoso: “(El científico) ha escalado las montañas de la ignorancia; está a punto de conquistar el pico mas alto, mientras se acerca a la roca final es recibido por un grupo de teólogos que han estado sentados allí durante siglos”. (*G-d and the Astronomers* pág. 125, al final del capítulo “The religion of science”).

g - Charles Townes

(Co-ganador del Premio Nobel de física en 1964 por descubrir los principios del láser) “Muchos tienen la sensación de que de alguna manera la inteligencia tiene que haber estado ligada a las leyes del universo”.

En contraposición a este enfoque, algunos científicos eran muy seculares:

h - Carl Sagan

Dado que el nacimiento del mundo se podría explicar solamente a través de la ciencia, “el creador no tenía que hacer nada”, y toda persona pensante estaba por ende obligada a admitir “la ausencia de D-s”.

i - Steven Weinberg

Cuanto más comprensible se torna el mundo a través de la cosmología, menos sentido parece tener. (La mayoría de los científicos llegaron a la conclusión contraria).

O bien, eran agnósticos:

j - Stephen Hawking

Uno de los más grandes físicos en vida: El universo parece tener una simetría y precisión necesarias para crear una vida inteligente que resulta difícil explicar si no lo consideramos un acto de D-s (*A Brief History of Time*, pg. 127).

k-Sir Fred Hoyle

Es miembro honorario de la Academia de Ciencia de Estados Unidos, *Plumian Professor* de Astronomía y Filosofía Experimental en la Universidad de Cambridge, Profesor de astronomía en el Royal Institute de Gran Bretaña, miembro de la sociedad real de Gran Bretaña, miembro del observatorio Mount Wilson-Palomar y profesor visitante de astrofísica en el California Institute of Technology. Es muy reconocido por sus logros en la ciencia. Hoyle es célebre por desmitificar los pensamientos confusos de la evolución, demostrando que es poco probable que los eventos aleatorios hayan contribuido en cada estadio de la vida.

ii-Científicos ortodoxos en la historia

a-Rambam

Médico famoso. Escribió libros de texto clásicos para los estudiantes, en los que resumía a Galen y otros, así como libros sobre venenos, enfermedades psicosomáticas y otros.

Tenía un gran conocimiento de las matemáticas y de todas las ciencias.

b-Vilna Gaon

En פאת השלחן (הקדמה), cita a su Rebe: "Todas las ciencias son necesarias para nuestra תורה sagrada y están incluidas en ella.

Si al hombre le faltan los conocimientos y las ciencias, le faltará cien veces más la sabiduría de la תורה".

En la misma cita:

"Él las conocía a todas por completo... álgebra, trigonometría, geometría... explicaba la naturaleza de las ciencias y decía que las había adquirido a todas, con excepción de la medicina, de la cual conocía solo la anatomía y sus disciplinas conexas. Quiso estudiar farmacología con los físicos contemporáneos, pero su padre se lo prohibió para que no tenga que dejar de lado sus estudios de la תורה por tener que ir a salvar vidas".

Escribió obras de matemática y geografía (צורת הארץ) y otras relacionadas con el cálculo de las estaciones del año y el movimiento de los planetas.

iii-Científicos ortodoxos contemporáneos

a-Avraham Steinberg

Director del Centro de Ética Médica de la Escuela de Medicina Hadash de la Universidad Hebrea en Jerusalén en la que también enseña pediatría general y neurología. Se encuentra en la lista del *International Who's Who of Intellectuals* (1987); está mencionado en el Diccionario de Biografía Internacional (1989-90) y en el libro *Who's Who in Israel* (1991-92). Ha escrito más de 90 artículos de neurología, ética médica general, ética médica judaica, e historia médica.

b-Elie Schusheim

Médico de la Kneset y consultor médico del Controlador del Estado de Israel. Ex-director y fundador de hospital gerontológico Neve Simjá durante 1967-71

c-Leo Levi

Ex-profesor asociado de física de City University. Actualmente es el director del Jerusalem College of Technology (1980-1990), autor de muchos libros científicos y artículos en el área de la óptica aplicada.

d-Abraham HaSofer

Doctor en estadística matemática de la Universidad de Tasmania, Australia. Está a cargo del departamento de estadística de la Universidad de New South Wales desde 1969. Inventor del Índice de Confiabilidad de Hasofer-Lind.

e-Cyril Domb

Ex-profesor de física teórica en King's College. Anteriormente ocupó otros cargos en las facultades de las universidades de Oxford y Cambridge. Se especializaba en mecánica estadística.

f-William Etkin

Ex-profesor emérito del Albert Einstein College of Medicine. Se especializaba en la fisiología del sistema endocrino.

g-Alvin Radkowsky

Ex jefe de la Comisión estadounidense de Energía Atómica para Reactores Navales, donde inventó un método para prolongar la vida de los reactores nucleares. Actualmente es profesor de energía nuclear y física en las Universidades de Tel Aviv y Ben Gurión.

h-Aaron Vecht

Jefe de la División de Materiales del Thames Polytechnic de Londres, donde enseña optoelectrónica y química defectiva a los estudiantes de posgrado. Ha publicado y patentado muchas obras en el campo de los semiconductores y la luminiscencia.

i-Rav Moshe Tendler

Director del Departamento de Biología de la Yeshivah University. Especialista en ética internacionalmente reconocido.

j-Herman Branover

Ph.D. en magnetohidrodinámica otorgado por el Instituto de Aviación de Moscú. Título de D.Sc en física y matemática otorgado por el Instituto Politécnico de Leningrado. Creó el centro de estudios de magnetohidrodinámica en la Universidad de Ben Gurión. Recibió el premio S.D. Bergman por el desarrollo de nuevas tecnologías en Israel. Miembro extranjero de la Academia Rusa de Ciencias Naturales en Moscú y de la Academia de Ciencias de Letonia. Asimismo, es miembro del Club de Energía Internacional de Moscú y ha recibido doctorados honoris causa de la Academia de Ciencia de Rusia y de la Universidad Técnica de San Petersburgo.

k-Rav Dr. Naftali (Norman) Berg

Recibió los títulos de BS y MS en ingeniería eléctrica del Instituto de Tecnología de Illinois y de Ph.D. en electrofísica de la Universidad de Maryland. Trabajó en el centro de investigación del pentágono. Se concentró en los efectos de la radiación nuclear en materiales y aparatos electrónicos, en el procesamiento de la señal acústico-óptica

y en la fusión de procesamiento de datos provenientes de múltiples sensores para aplicaciones en el campo de batalla. Recibió el premio Wilbur S. Hinman por Logros Tecnológicos Destacados (1977); el Premio al Trabajo Escrito Sobresaliente de la Conferencia de la Ciencia del Ejército (1977) y el premio HDL al Inventor del Año (1979). Además, le fue otorgado un Premio a la Investigación y Desarrollo de la Armada (1981) y fue nombrado Ingeniero del Año en 1982 por el Comando de Alistamiento y Desarrollo de Materiales del Ejército.

l-Dr. Aryeh Gotfryd

Recibió los títulos de B.Sc con honores en zoología y de Ph.D. en economía en la Universidad de Toronto. También le otorgaron las becas de Ontario Graduate y Canadian Wildlife.

m-Dr. Alexander Poltorak

Dedicó sus estudios en la Kuban State University en Krasnodar a las teorías de la relatividad y de la gravitación de Einstein. Publicó varios trabajos en su campo y en la tesis doctoral que escribió propuso una solución a un “problema de energía” de larga data en la Teoría de la Relatividad General.

n-Profesor Velvel Greene

Profesor de Salud Pública y Microbiología en la Universidad de Minnesota. Recibió un BA en Agricultura, un MA en Ciencia de Productos Lácteos y un Ph.D. en bacteriología y bioquímica en la Universidad de Minnesota. Es uno de los primeros investigadores en bio-ciencia que participó en el Programa del Espacio de Estados Unidos.

o-Profesor Yakov Brawer

Completó un Ph.D. en la Universidad de Harvard. Fue miembro de Andelot en 1966. Trabajó como miembro investigador del Instituto Nacional de Enfermedades Neurológicas y Apoplejía de Harvard. Fue nombrado profesor de Anatomía en la Universidad de Tufts. En 1971 ganó el premio William Wilkins otorgado por la Asociación Estadounidense de Anatomistas. Actualmente es profesor de Anatomía y de Ginecología y Obstetricia de la Facultad de Medicina de la Universidad McGill. Publicó más de 60 trabajos en el área de investigación de la neuroendocrinología reproductiva así como de disciplinas conexas.

p-Profesor Barry Simon

Recibió un Ph.D. en física de la Universidad de Princeton en 1970 y ha ocupado distintos cargos en matemática y física. En 1981 se trasladó a Caltech donde se desempeñó como Profesor de Matemática y Física Teórica de IBM y Titular de la cátedra de Matemática. Es ex-vicepresidente de la Sociedad Estadounidense de Física y ganador de la medalla de oro de la Asociación de Ciencia Molecular por su trabajo relacionado con la química cuántica. Es autor de 12 libros de ciencia (textos para graduados y monografías avanzadas) y de aproximadamente 300 trabajos de investigación en el campo de la física matemática, en particular en lo que se refiere a las cuestiones relativas a la mecánica cuántica.

q-Arnold Penzias

Co-descubridor de la radiación de fondo que representa el resplandor del Big Bang.

r-Gerald Schroeder

El Dr. Gerald Schroeder recibió sus B.Sc., MSc y Ph.D en el Instituto de Tecnología

de Massachussets. Posee un Ph.D. en dos áreas: Ciencias de la Tierra y los planetas, y Física Nuclear. Trabajó durante 7 años en el equipo del Departamento de Física del M.I.T antes de mudarse a Israel para desempeñarse en el Instituto Weizmann de la Ciencia. Es autor de alrededor de 60 trabajos que aparecieron en publicaciones científicas y fueron revisadas por sus colegas. Los resultados de sus investigaciones han sido publicados en Time, Newsweek, Scientific American y en diarios de Boston hasta Adelaida. Como consultor del Tratado sobre Control de Armas Nucleares entre Estados Unidos y la U.R.S.S. presenció la detonación de seis bombas atómicas. Se desempeñó como consultor de las agencias de los gobiernos de Estados Unidos, la República Popular China, Filipinas, Malasia, Singapur, Tailandia y Canadá. Es el autor de *Genesis and the Big Bang* publicado por Bantam Doubleday, ahora en seis idiomas, y también de *The Science of God* publicado por Free Press de Simon & Schuster.

APÉNDICE H: LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA NATURAL

i-Popper

ii-Kuhn

iii-Feyerabend

APÉNDICE H: LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA NATURAL

En el capítulo **F - Las creencias subyacentes de la ciencia**, describimos cómo se ve afectada la legitimidad de la idea científica por cuestiones como la belleza, la unidad, etc. En el **Apéndice E** expusimos los tres niveles de incertidumbre de la ciencia. Aquí desarrollaremos algunas otras limitaciones y mostraremos, en los puntos **i** y **iii**, que existen distintas escuelas de pensamiento sobre diversos temas. Popper, Kuhn y Feyerabend representan distintos niveles de interpretación del pensamiento científico.

i-Popper

El inglés Sir Karl Popper describió cómo debe funcionar una teoría científica apropiada. Según Popper, no es posible probar que una teoría científica es absolutamente verdadera; solo podemos, a través de la repetición de experimentos, afirmar que es menos probable que se demuestre que es falsa. Por supuesto, del mismo modo que hubo en el pasado teorías que demostraron ser falsas, las teorías científicas actuales también pueden serlo. Pero a medida que la ciencia avanza nos acercamos cada vez más a la verdad.

Para Popper (y otros como Karl Mannheim, en *Ideología y Utopía*) la ciencia es una empresa esencialmente racional. Por lo tanto, es el único esfuerzo que está exento de la máxima que sostiene que la sociedad le da forma al conocimiento.

ii-Kuhn

Thomas Kuhn, del MIT, escribió su famosa obra *La Estructura de la Revolución Científica* hace unos 40 años. Allí afirmaba que la ciencia se mueve

lentamente durante largos períodos hasta que luego aparece una revolución repentina durante la cual la comunidad científica cambia de paradigma. Un paradigma es una manera de mirar el mundo, una forma de filtrar información. Al operar en un paradigma determinado, la comunidad científica considera solo a ciertos tipos de preguntas o de problemas científicos no resueltos como áreas legítimas de interés científico, y por lo tanto solo se obtendrán determinado tipo de respuestas. Finalmente, aparece alguien que logra escapar del paradigma, como lo hicieron Newton y Copérnico en su tiempo, y como lo hizo Einstein al abandonar las maneras newtonianas de ver el mundo. En general, esta persona es muy joven y no está lo suficientemente arraigada en el paradigma existente. En muchas ocasiones el científico más viejo no acepta por completo, el paradigma nuevo; simplemente hay que esperar hasta que se muera para que ese paradigma nuevo prevalezca. Así, si se propone una teoría antes de tiempo, quizás no sea aceptada. Podemos tomar como ejemplo a la teoría de las ondas de luz, expuesta a principios de la década de 1800 por Young en oposición a las teorías corpusculares de la luz elaboradas por Newton. (Algunos afirman que la teoría simplemente no había sido probada aún).

El nuevo paradigma puede utilizar el mismo vocabulario que el viejo pero con un significado completamente diferente y esto hace que la teoría vieja no sea similar a la nueva. Dado que los hechos siempre se ven a través de paradigmas, no existe un hecho completamente objetivo.

Es importante destacar que más tarde Kuhn modificó su posición considerablemente. El Nuevo Kuhn se pregunta si la ciencia avanza en algún sentido objetivo cuando hay un cambio de

paradigma. Lo que describimos más arriba es el Viejo Kuhn, al cual se refiere la gente cuando lo menciona.

iii-Feyerabend

Todos están de acuerdo en que cada tanto el prejuicio subjetivo se introduce gradualmente en la ciencia. Uno de los casos más famosos fue el supuesto descubrimiento de un neutrino pesado que tenía una masa de 17 KeV (17.000 electrovoltios) que realizó un grupo de científicos. Esa partícula habría tenido un amplio impacto tanto en la física de las partículas como en la cosmología. Experimentos realizados a continuación de éste confirmaron el descubrimiento de una masa exacta de 17 KeV. Luego se demostró que todo era falso. Los científicos no estaban inventando la evidencia; simplemente estaban viendo lo que esperaban ver.

Un caso más obvio es el de la fusión fría; la afirmación por parte de Stanley Pons y Martin Fleischmann de que la fusión nuclear podría ocurrir a temperaturas relativamente bajas. Sin embargo aquí se confundió la distinción entre las expectativas engañosas y la deshonestidad descarada, y otros científicos se apresuraron a sacar el fraude a la luz.

Feyerabend, quien estaba en la costa oeste, transformó a estos casos de prejuicio subjetivo en una observación más generalizada sobre la ciencia. Escribió el libro *Against Method* en el que sostenía que no existe el método científico. Toda regla que se supone que rige a la ciencia, es infringida más tarde o más temprano. Por supuesto, los científicos creen que siguen determinadas reglas pero el avance real de la ciencia ocurre cuando consciente o inconscientemente las vulneran e incluso permiten que ingrese en su pensamiento aquello que podría haber sido considerado como irracional o contrainductivo. En palabras de Feyerabend: “El anarquismo ayuda a lograr el progreso”. Esto implica

que a pesar de la falta de método real, la ciencia sí progresa. Aunque en otras ocasiones Feyerabend lo niega.

La ciencia es una tradición entre muchas. Debemos bajar a la ciencia de su pedestal y ponerla en su lugar entre otras tradiciones como la astrología, la brujería y la medicina tradicional para que la sociedad pueda beneficiarse de todas ellas por igual. Feyerabend no es el único que sostiene esta opinión. Un grupo de académicos de la Universidad de Edinburgo sostiene que “el conocimiento científico es tan solo un sistema de creencia común con una comprensión dudosa de la realidad”. (Gottfried y Wilson, citados en *Scientific American*, noviembre 1997, pág. 80). “Andrew Pickering, sociólogo de la Universidad de Illinois, escribe en su libro *Constructing Quarks* que “ninguna persona que esté gestando una visión del mundo tiene la obligación de tomar en cuenta lo que la ciencia del siglo XX tenga para decir” (Ibíd.).

Los posmodernistas no solo cuestionan la objetividad de la ciencia, sino incluso la existencia de una realidad objetiva. Muchas de esas ideas lograron introducirse a su manera en el sistema educativo estadounidense en lo que se refiere a la enseñanza de la ciencia; por ejemplo, el constructivismo (Ibíd.).

Resulta interesante que Popper, que pensaba que la ciencia era lo más “científico”, era filósofo y no científico. Kuhn es un científico que devino en sociólogo mientras que Feyerabend continúa siendo científico. En general, Feyerabend es considerado demasiado extremista en los círculos académicos mientras que Kuhn (y por supuesto Popper) son tomados muy seriamente. (Feyerabend no es consecuente en este punto en el sentido de que a veces niega que la ciencia avanza... o en realidad, que avanza solo a expensas de otros tipos de conocimiento.)

APÉNDICE I: PRINCIPIOS CIENTÍFICOS VARIOS

- i – Transformación de las fuerzas cuánticas en leyes clásicas**
- ii – La contradicción de las leyes cuánticas y la relatividad general: Los agujeros negros**
- iii – Simetría – Excepciones**
- iv- Complejidad / Teoría del Caos**
- v - Genética**

APÉNDICE I: PRINCIPIOS CIENTÍFICOS VARIOS

i – Transformación de las fuerzas cuánticas en leyes clásicas

Las partículas subatómicas obedecen a fuerzas cuánticas impredecibles; las estructuras más grandes obedecen a leyes clásicas predecibles. Sin embargo, estas estructuras más grandes están compuestas de partículas subatómicas. De manera que en cierto punto, las fuerzas cuánticas se transforman en leyes clásicas (del estilo newtoniano). Los científicos todavía no saben cuándo o cómo ocurre esto, si bien actualmente varias explicaciones compiten al respecto.

ii – La contradicción de las leyes cuánticas y la relatividad general: los agujeros negros

(Ver Apéndice F ii - Agujeros negros para una descripción general)

Los agujeros negros son una creación de la ley de gravedad. Son singularidades, es decir, lugares en los que la gravedad es tan intensa que las leyes familiares de la física se quiebran. De acuerdo con la teoría de la paradoja de la información, una vez que la información atravesó el horizonte (es decir, el punto en el que no hay retorno), nunca puede escapar a la enorme fuerza de gravedad del agujero negro y se pierde para siempre. Para esto se necesitaría que escape a una velocidad superior a la de la luz. La otra gran teoría de Einstein, la relatividad especial, sostiene que eso es imposible. (Aunque los agujeros negros sí irradian, lo hacen en forma estandarizada. Dado que la información se aplana, sería imposible reconstruir cualquier información perdida a partir de esa radiación).

Pero esto contradice otro principio: la ley cuántica según la cual la información nunca puede desaparecer. Porque si pudiese hacerlo, eso significaría que los procesos no siempre son reversibles. La información podría desaparecer del universo y no ser rescatada jamás. Si las cosas no son reversibles, no podemos trabajar en el sentido inverso e imaginarnos qué son las leyes de la naturaleza.

Además, la información se comunica a través de la energía. Si existe la posibilidad de que se pierda la información, esto podría sucederle también a la energía, y de esa manera se viola el principio de conservación de la energía.

iii – Simetría - Excepciones

Uno de los principios básicos de la física es la simetría rotativa, según la cual sin importar cuál sea la forma en que midamos el universo el resultado siempre será el mismo. Sin embargo, se encontraron excepciones recientemente (*Scientific American*, julio de 1997). Algunos científicos aseguran que las mediciones de luz provenientes de galaxias distantes varían según la posición de las galaxias en el cielo. (Más precisamente, descubrieron que la rotación de la luz polarizada varía según la distancia y la ubicación de la fuente.) Esta afirmación es controvertida y el tema no ha sido resuelto.

iv-Complejidad/Teoría del caos

La complejidad se aplica a cuestiones tales como el clima, el funcionamiento del cerebro, la economía o la sociedad. Resulta difícil reducir estos temas a teorías simples por dos razones. Primero, requieren de enormes cantidades de información que cambia constantemente. Segundo, son no-lineales. Esto significa

que la información en el sistema no va paso por paso. Muchas cosas podrían pasarse por alto, todas al mismo tiempo. Por eso cuando el cerebro reconoce la misma cara de perfil, de frente o de cualquier ángulo en el medio, dispara cientos de neuronas que trabajan para crear un reconocimiento de que las distintas fotografías pertenecen en realidad a la misma persona. Una computadora no puede, por el momento, realizar una actividad como ésta y probablemente nunca pueda. Una de las formas de describir ésta habilidad es afirmar que el cerebro es adaptivo, es decir, puede reajustar su percepción a entradas diferentes para mantener un equilibrio de reconocimiento.

Otra de las cualidades de estos sistemas es que son paralelos y no jerárquicos. Un sistema jerárquico tiene un sistema de control identificado, o un conjunto inicial de causas, a partir del cual podemos rastrear un proceso de eventos.

Pero la mente humana, por ejemplo, no tiene un sistema de control identificado que se conozca. Del mismo modo, la economía mundial tampoco lo tiene.

A causa de estos elementos, los sistemas parecen ser extremadamente complejos y desafiar las fórmulas simples que describen a las fuerzas básicas de la materia, por ejemplo. Sin embargo, los científicos “creen” que, en su momento, estos sistemas también nos proporcionarán fórmulas simples y manejables.

El primer paso en este sentido ya fue dado – los científicos han demostrado que estos sistemas no son completamente aleatorios o caóticos, sino que tienen estructuras. Así nació la “teoría del caos”. Ésta se ha transformado en un campo de la ciencia muy publicitado y de rápidos avances. (Heinz Pagels)

Pero incluso cuando algo tiene algún tipo de estructura, ésta puede ser tan compleja que una solución exacta a cualquier problema podría estar siempre más allá de nuestro alcance. Newton

demonstró que cuando tres o más objetos – por ejemplo, el sol, la luna y la tierra – interactúan gravitacionalmente, no es posible, en general, obtener soluciones exactas de sus movimientos. Aunque se pueden hacer muy buenas aproximaciones (lo suficiente como para que se pueda viajar por el espacio), no es posible obtener resoluciones exactas. Pronosticar el futuro impacto potencial de un asteroide en la tierra no es algo que se pueda establecer con precisión, simplemente porque las condiciones iniciales de todos los objetos nunca se pueden saber con exactitud. (N.Y. Science Times, 22 de septiembre de 1998.)

v-Genética

Luego de un esfuerzo de 10 años, el equipo del mapa del genoma logra hacer una secuencia del cromosoma humano.

Por NICHOLAS WADE N.Y. Times, 2 de diciembre 1999:

Después de una década de preparación, los científicos han decodificado por primera vez la información de un cromosoma humano, la unidad en la que se agrupa la información genética. Este logro, alcanzado por un consorcio público de centros universitarios en Inglaterra, Estados Unidos y Japón, es un hito en el proyecto del genoma humano, una iniciativa que comenzó en 1990 con el objetivo de descifrar todo el ADN humano para el año 2005.

El logro de la decodificación del primer cromosoma, si bien es el segundo más pequeño de 23 pares en cada célula humana, valida el enfoque elegido por el consorcio público y reafirma la posibilidad de completar la totalidad del genoma humano tal como se había planeado. En los últimos 18 meses la estrategia del consorcio ha sido desafiada por una empresa privada, Celera Corporation de Rockville, Md, que asegura que puede secuenciar al genoma más rápidamente con un método diferente...

Se espera que la comprensión del genoma humano de como resultado amplios beneficios médicos porque casi todas las enfermedades tienen un componente genético. La característica principal de cada cromosoma es una molécula de ADN extremadamente larga. El cromosoma sobre el cual se realizaron los últimos trabajos se llama Cromosoma 22, que por pequeño que sea, contiene 43 millones de unidades de ADN, de las cuales los investigadores hasta ahora han descubierto 33,5 millones. Aunque todavía queda mucho por hacer, el equipo del Cromosoma 22 cree que ha secuenciado todas las regiones de mayor interés para los investigadores biomédicos, es decir, aquellas que contienen los genes que producen proteínas.

El fruto de la labor del equipo es una sorprendente sucesión de A, C, G y T (por la abreviatura de las cuatro unidades químicas) que si se imprimieran en su forma ordinaria se necesitarían 949 páginas de este diario. Las técnicas que permiten analizar una cantidad tan grande de moléculas se desarrollaron hace poco tiempo. ...

El Dr. Roe estimó que el costo total para secuenciar el cromosoma es de entre 15 y 20 millones de dólares. El proyecto del genoma humano en su totalidad fue presupuestado en 3 mil millones de dólares.

Hasta ahora el equipo de Dunham ha identificado 545 genes, cada uno de los cuales está compuesto de miles de unidades químicas, y existen en total alrededor de 1,000 genes esparcidos a lo largo del cromosoma. El número total de genes humanos todavía no se conoce y las estimaciones varían mucho: desde 60.000 hasta 120.000

Si existe una estructura en el tipo de genes que la naturaleza eligió para almacenar el Cromosoma 22, se les ha escapado a los investigadores. Los genes parecen ser de una gran variedad aleatoria, incluyendo un gran conjunto de genes que

utiliza el sistema inmunológico y más de 20 genes que producen enfermedades humanas conocidas cuando éste falla, tales como los síndromes de DiGeorge y del ojo de gato. Se cree también que uno de los genes que contribuiría a la esquizofrenia está en el Cromosoma 22 pero todavía no ha sido identificado.

Además del interés en genes específicos, los biólogos pueden ver por primera vez la arquitectura completa de un cromosoma humano. Su reacción inmediata es de asombro absoluto ante la enorme complejidad de la estructura y la distancia que todavía hay que viajar para que sus características sean comprensibles. “No es usual que al leer un trabajo científico sienta escalofríos, como me ocurrió cuando vi este paisaje cromosómico”, dijo el Dr Francis Collins, director del proyecto del genoma humano en el National Institute of Health. “Este es un momento histórico fenomenal, es como ver un capítulo entero del libro de instrucciones humanas”.

Si bien el objetivo del proyecto del genoma humano es secuenciar cada una de las tres mil millones de letras en el ADN humano, la secuencia del Cromosoma 22 todavía no está completa. Hay 11 partes incompletas; se conoce la extensión de todas ellas y se sabe que son relativamente cortas. Éstas son en su mayoría regiones que no podrían ser clonadas en bacterias, la forma más común de amplificar segmentos largos del ADN humano para realizar un análisis más exhaustivo.

El equipo tampoco ha podido secuenciar el ADN en otras dos características importantes del cromosoma. Una es el centrómero, una región que ayuda a que el cromosoma se copie correctamente en cada célula hija cuando la célula se divide. La otra es el brazo corto del cromosoma –una longitud de ADN que se encuentra del otro lado del centrómero– que en el caso del cromosoma 22 contiene solo copias múltiples de los

genes que se utilizan en la fabricación de proteínas...

APÉNDICE J: יערות דבש: SOBRE LA UTILIZACIÓN
DE LA MATEMÁTICA, LA MÚSICA Y OTROS
CONOCIMIENTOS MUNDANOS

APÉNDICE J: יערות דבש: SOBRE LA UTILIZACIÓN DE LA MATEMÁTICA LA MÚSICA Y OTROS CONOCIMIENTOS MUNDANOS

יערות דבש - חלק ב: דרוש ז'
זהו מה שנראה לכאורה, אבל ביותר יש להבין מה ענין זה ממנה היה מתחיל ובה היה מסיים. ונראה כי שבעה נרות הם שבעה חכמות, כי ידוע כי חכמה היא מכונה בשם נר, חכמת אדם תאיר פניו, ושבעה נרות הם חכמת חיזונים, ונר מערבי היא חכמת תורתנו הקדושה, שכינה במערב, וכל החכמות משתלשלות מתורתנו ומשם מקורם ושמה ישובו, כי כולם הם נערות המשרתות את המלכה, כמ"ש הרמב"ם [אגרות הרמב"ם פאר הדור סמ"א] שהם לרקחות וטבחות, וכולם צריכים לתורתנו, כאשר הארכתי בזה וחברתי ספר מיוחד, ועל זה אדני הספר הטבעו, כי כל החכמות הם פרפראות וצורך לתורתנו, כאשר חכמת גימטריא שהיא חכמת המדידה ונכלל בה חכמת המספר ותשבורת ואלגעברא, צריך מאוד למדידת עגלה ערופה ומדידת ערי לויים ומקלט ותחומי ערים:

חכמת המשקלות שהיא חכמת מיכאניקי, צריך לבית דין לדקדק להבין במאזני צדק ועול. חכמת הראיה שהוא אפטייק, צריך בית דין הגדול לדעת לברר זיופי כומרי עכו"ם, כי יעשו בתחבולות ההם המראות משונות מורים פרצופים נפלאים, ומי שאינו בקי יאמר כי רוח זרה בתוך המראה, וכך היה מקדם, הכומרים עכו"ם מטעים להבאים בבית עבודתם, כאילו רוח מורה להם מתוך המראה אשר לא ידעם וגם מורה באצבע, והם הכומרים היו יושבים בחדרי חדרים, ועל ידי טוב מעמד ומצב המראות כפי תנועתם, כך נראה לעם במראה העומד בחדר, ואין איש למולו עושה כן, ולכך חיוב על בית דין הגדול לדעת תחבולות הללו, לבאר ולברר טעות השוטים אשר היו, וכנהנה רבות, הצריך חכמה זו לעדים שאמרו שעמדו מרחוק וראו המראה אם קשת הראיה כל כך הולכת אם ביושר אם בעקלתון:

חכמת התכונה היא חכמה ישראלית סוד עיבור לדעת מהלך תקופות ומזלות ולקדש חדשים:

חכמת התולדה שהיא חכמת אצטגנינים, ונשתמשו בה בימי חכמי הכלדים, היא שער גדול להלכות עכו"ם, כי כך היה כל מעשה עכו"ם להקטיר למלאכת שמים, וכל מעשיהם היה בחכמת אצטגנינים ותולדות, ויפתו אחרי הוברי שמים, ומזה נולדה כל חכמת הקסם וכישוף, בעשותם טלמסאות וצורות לכוכבי שמים, והכל על פי חשבון מהלך ושיעור התולדות, ורבים טעמי מצוות שנתייטדו על זה, כמ"ש הרמב"ם, כאשר הארכתי בזה ספרי הנ"ל:

חכמת הטבע, אשר נכלל בה חכמת רפואה בכלליה, צריכה מאוד לחכמת התורה, הן לדעת ולהבחין דמים דמי נדה אם טהור או טמא, והיא חכמה לא שערו כל חכמי רופאי זמנינו, ואחז"ל [נדה כ:]: טבע דארץ לא ידענו ודמא קחזינא, הרי צריך לכך חכמת הטבע ומחקר לרפואה, וביחוד לדעת בשפיר אם תוך מי יום או לאחר כך, ולהבחין בין זכר לנקבה צריך חכמה הרבה וחקירה נפלאה, וכלו כל חכמות בחקירתם ולא יגיעו לכך, ומכ"ש שצריכים להבחין כאשר יכה איש את רעהו אם יש בו כדי להמית, ואם מת אם בשבילו הוא, ועל איזה חולה מחללים שבת:

חכמת צמחים ומחצבים, כמה גדול כח החכמים בזה, בענין כלאים לדעת שיעור יניקה עד כמה, ומה הוא טעם התערובות, ואיזה מין מותר בהרכבה ואיזה אסור, ובה נכלל טבע בעלי חיים לדעת איזה מין יש בו הרכבה או לא, ואיזה מין חיה או בהמה:

וחכמת אומנות שקורין קאך, שחכם בה אפלטון בתקוני אכילות ומזגים, וממנה נולדה חכמת הרקחים ואפטיקין בלשון אשכנז, היא הצריכין להבין טעמי קרבנות מנחות ונסכים ופיטום הקטרת:

וחכמת אלקימייא, ובכללן פידמיע בכל חלקי התכת מתכות ושינוי טבעי מחצבים וכדומה, הוא צורך להבין טעמי בנין משכן ומקדש, איזה לכסף ואיזה לזהב ואיזה לנחושת וברזל, וטעם אבני חפץ באפוד וסגולתו, וכהנה סתרי הטבע מסתעפות בשורשה חכמת סימפאטי ואנטיפאטי שצריכין לבית דין של ישראל לדעת מה הוא מגדר סגולה וטבע הענין ואין בו מדרכי האמורי, ומה שאין בו כלל שורש בחכמה הנ"ל והוא מדרכי האמורי:

ובחכמת הציור ונתוח יכירו על בוריה חכמת היד וחכמת פרצוף, ומי שאינו בקי בזה בטוב לא יבין חכמה הנ"ל על בוריה, ובה נשיג ענין שיר השירים בתוארי שבח הגוף ראשך ככרמל ופרשת אתה תחזה כמ"ש הזוהר [יתרו]:

מחכמת ההגיון ומבטא נבין כל חכמת הדקדוק ונועם מליצה, ומופתים אמתים ומזויפים, ודברי צחות בתורה ובנביאים:

מחכמת המוזיקא אין לדבר, כי היא חכמת השיר, ובה נבין כל ענייני הטעמים ונקוד השיר השירים בתורה ונועם מליצת לויים וכדומה בכל פרטי דברים, והם נגונים ישרים לשמח לבבות להסיר מרה שחורה, ולקנות הנפש שמחה שיחול בה רוח אלוך כמעשה הנביאים. ומה רב כחה של חכמה זו, אשר כל מלאכי מעלה וגלגלי שמים כולם ינגנו וישירו בשיר ונגון נועם כפי סדר טוב הקולות וחצי קולות, וכולם יש להם שורש בחכמת אמת, וכל תנועה יש לה שורשים, וכבר הארכתי גם כן בספרי הנ"ל, כיצד היתה כוונתם בתנועות עולמות עליונים בנגנם ובשירים ובתנועותם, כפי הנועם והניגון בחכמה הנ"ל בפה ובכלי להשמיע קול אחד:

APÉNDICE K: CITAS DESTACADAS Y LECTURAS

i-Citas destacadas

ii-Lecturas

a - Primarias

b - Secundarias

APÉNDICE K: CITAS DESTACADAS Y LECTURAS

i-Citas destacadas

“Lo más incomprensible acerca del mundo es que es comprensible”. Einstein.

El científico está tan interesado en la pata de una mosca como en la vorágine creativa de un genio...

La ciencia nos dice cómo curar y cómo matar; reduce los índices de mortalidad por menor y luego nos mata por mayor en la guerra. (Will Durant, *The Story of Philosophy*).

Quiero saber cómo creó D-s al mundo. No estoy interesado en éste o aquél fenómeno, ni en el espectro de este o de otro elemento. Quiero conocer Sus pensamientos; el resto son detalles. (A. Einstein en A. Zee pág. 8)

Einstein: La ciencia sin la religión es renga; la religión sin la ciencia es ciega.

ii-Lecturas

Existe un gran número de libros científicos de calidad que han sido escritos para personas no especializadas en la materia. Expondremos aquí solo algunos de ellos y dejaremos fuera de esta lista a autores conocidos como Carl Sagan y Heinz Pagels (*The Cosmic Code, Perfect Symmetry* y otros). Omitiremos otros libros con buenas críticas como *The First Three Minutes* de Stephen Weinberg y *Chaos* de James Gleick. Por otra parte, la ciencia está en constante cambio y evolución y la única manera de estar actualizado es leer artículos científicos regularmente. El suplemento de ciencia de los martes del *New York Times* y la revista mensual *Scientific American* son los más

legibles. Esta última también está disponible en Internet, aunque con en una versión bastante reducida.

a – Primarias

Pollack, Lewis - *Fingerprints of the Universe* (Artsroll) Capítulos relevantes sobre el Big Bang, la evolución, etc. Muy legible aunque un poco denso.

Munk, Elie - *In the Beginning* (Feldheim) – Un enfoque judaico de la evolución.

Davies, Paul - *Superforce* (Simon and Shuster 1984) – una actualización introductoria pero profunda de todos los aspectos de la nueva física.

Brody, David Elliot y Brody, Arnold R. - *The Science Class You Wish You Had* (Perigee 1997)- De todos los libros científicos mencionados aquí éste es el más fácil de leer. Incluye todas las leyes básicas de la física así como de la biología y las ubica en un contexto histórico.

Jastrow, Robert - *G-d and the Astronomers*.

Schroeder, Gerald I., Ph.D - *Genesis and the Big Bang*. Bantam. Ex profesor del MIT, el Dr. Schroeder compara la física teórica contemporánea con las fuentes judías clásicas y revela una descripción casi idéntica de la creación y de la edad del universo. Consígalo en su librería o consulte a <2001@aish.edu>. También puede solicitar en esta dirección los casetes por un costo de U\$S 7 más U\$S 2 de gastos de envío.

El libro más reciente del Dr. Schroeder es *The Science of God*, que fue publicado por Free Press de Simon & Schuster.

b – Secundarias

Zee, A. - *Fearful Symmetry: The Search for Beauty in Modern Physics* (Collier Books, MacMillan Publishers) - (el libro de Capra, Fritjof *The Tao of Physics* (Random House) es mucho mejor que este pero es más problemático por el contraste que presenta entre la física y las religiones orientales). El libro de Zee tiene un nivel más avanzado después de los primeros capítulos.

Broad, William y Wade, Nicholas - *Betrayers of the Truth: Fraud and Deceit in the Halls of Science* (Simon & Schuster).

Johnson, George - *Fire in the Mind: Science Faith & the Search for Order* (Knopf) – Examina por qué la gente busca un orden; sugiere que tanto los científicos como las personas religiosas hacen las mismas preguntas básicas; compara punto por punto las historias que cuentan la ciencia y religión sobre el comienzo del mundo, su composición, de dónde proviene la vida y qué nos deparará el futuro.

Principio antrópico

Las siguientes lecturas son las que sugiere el sitio web, *The 2001 Principle*. Este sitio y/o los libros relacionados con él son la mejor opción de lectura sobre este tema.

El video, "The Anthropic Principle," disponible en PAL (o con un cargo extra en NTSC) de BBC Video For Education and Training, Horizon Library, Room 8, 2058 en BBC Enterprises Ltd., Woodlands, 80 Wood Lane, London Q12 OTT; Teléfono: 44-081-576-2867; Fax: 44-081-576-2415.

Origins - A Skeptic's Guide to the Creation of the Life on Earth de Robert Shapiro, profesor de Química en la Universidad de Nueva York y experto en investigaciones de ADN y de los efectos genéticos de los químicos ambientales. Bantam Books, 1987.

Not By Chance! The Fall of Neo-Darwinian Theory de Lee M. Spetner, Ph.D. en Física del MIT. Lo publicó él mismo en 1996. Se puede solicitar este libro directamente al autor por correo electrónico: <lspetner@inter.net.il>.

Evolution - A Theory in Crisis, de Michael Denton, Burnett Books, Londres, 1985.

Un análisis científico excelente del estado de la teoría evolutiva.

If You Were God - Three Works de Aryeh Kaplan. Este libro comienza donde termina La Prueba Obvia [sic]. Va más allá de la muralla que Alan Sandage menciona en el especial de PBS "La creación del Universo" (ver Menú, final N° 7). Está disponible en las librerías judías o a través de NCSY, 45 West 36th Street, N.Y. 10018.

Permission to Believe, de Laurence Kelemen, Feldheim Publishers. El autor presenta pruebas racionales de la existencia de D-s utilizando cuatro enfoques intelectuales distintos y de esta manera excluye la concepción errónea de que la creencia en D-s es irracional. .

"*Wonders of Creation*," un casete de audio de Shmuel Silinsky. U\$S 7.00 mas U\$S 2.00 de gastos de envío. Solicitar a <2001@aish.edu>

El Big Bang

Scientific American, octubre 1994, Peebles y Schramm - The Evolution of the Universe, Septiembre 1994; Gone With a Bang, Noviembre 1999, pág. 36 Krauss y

Starkman – The Fate of Life in the Universe.

Se puede leer una explicación completa en *The First Three Minutes* de Steven Weinberg o en *The Moment of Creation* de James S. Trefil.

Para información sobre fuentes que comparan la teoría del Big Banga con la de la Creación ver:

i-Schroeder - *Genesis and the Big Bang* - págs. 8 - 89 (especialmente 63, 67, 88)

ii-Aviezer - *In the Beginning* - págs. 10 – 12. Los dos puntos centrales son:

a)- La luz del primer día estaba compuesta de radiación electromagnética de intensidad fuerte que constituía la totalidad de la sustancia de la creación al momento del Big Bang. (Aviezer pág. 10-11; Schroeder págs. 8-89)

b)-La separación entre la luz y la oscuridad fue el punto de expansión en el que el material primordial original se diluyó por lo que los fotones ya no estaban atrapados por el plasma. (Aviezer pg. 12; Schroeder p. 89)

Hay muchos otros trabajos sobre "la תורה y la ciencia" tales como:

Carmell, Aryeh y Domb, Cyril - *Challenge* (Feldheim) – escrito en la década de 1960, muy desactualizado, pero con mucha información para alguien que está al corriente de lo que ocurre en la física a partir de otras fuentes. No se debe utilizar como libro de texto principal.

Publicaciones B'Or Ha'Torah:

Proceedings of the Associations of Orthodox Jewish Scientists

Encounter: Essays on תורה and Modern Life

Fusion: Absolute Standards in a World of Relativity

תורה & Science: Their Interplay in the World Scheme escrito por Leo Levy

Comentario sobre el חומש de Elie Munk (una versión más amplia de su libro *In the Beginning*).

Para aquellos que tienen una inclinación por la física, consultar las notas de Zvi Feier sobre su traducción del Malbim.

Otros libros de ciencia:

Horgan, John - *The End of Science* – Esta obra sostiene que la ciencia se aproxima con rapidez a sus límites externos. Tiene una cobertura muy accesible de las distintas áreas incluidas la religión y la ciencia, así como entrevistas con muchos científicos destacados. Está más actualizado que la mayoría de los otros libros citados. (Broadway Books, N.Y. 1997).

Davies, Paul - *G-d and the New Physics* – Sobre la religión y la ciencia. En realidad, ningún libro escrito sobre este tema me ha impresionado pero este se acerca. (Penguin 1983).

Hawking, Stephen - *A Brief History of Time* (Bantam 1988). La primera mitad contiene una buena introducción a la relatividad y a la física cuántica. Los capítulos sobre los agujeros negros son un poco más difíciles de leer.

Hotstadter, Douglas - *Godel, Escher and Bach: An Eternal Golden Braid* (Basic Books, N.Y. 1970). Un prototipo clásico del enfoque de la unidad del mundo.

Kuhn, Thomas - *The Structure of Scientific Revolution* (U. of Chicago Press) . Trabajo académico serio pero fascinante que se ocupa de los paradigmas de la ciencia.

Evolución

El libro con mayor fundamento en favor de la evolución es *The Blind Watchmaker* de Richard Dawkin (Norton and Co., N.Y.,

1986); además de los textos escritos de a miles por Steven Jay Gould (por ejemplo *The Panda's Thumb*; W.W. Norton 1980). *Darwin's Dangerous Idea* de William Pennett completa la trilogía. Las mejores críticas de la evolución son especializadas y provienen fundamentalmente de la microbiología. El libro *Darwin's Black Box* de Michael Behe muestra que los organismos son irreduciblemente complejos; *Nature's Destiny* de Michael Denton (Free Press 1998) explica de qué manera las leyes de la biología revelan el

objetivo del universo. Este autor también escribió *Evolution, A Theory in Crisis* (1984). Si bien los libros de Philip Johnson están más actualizados, éstos contienen amplias críticas de la Teoría Evolutiva.

Not by Chance! de Lee Spetner (Brooklyn, Judaica Press, 1997) destruye la teoría de la evolución y demuestra principalmente que las mutaciones aleatorias en realidad no aumentan la información de un sistema biológico sino que la disminuyen.

ÍNDICE TEMÁTICO: CIENCIA Y EVOLUCIÓN

Edad del Universo , teorías sobre la _____	Evolución: Capítulo E vii
Animales _____	Evolución: Capítulo B xi d
Principio Antrópico _____	Ciencia: Capítulo C i k
Argumento de diseño _____	Evolución: Capítulo B, Evolución: Apéndice M ii
El argumento del diseño no está probado _____	Evolución: Capítulo B viii b
Belleza _____	Ciencia: Capítulo F ii
Comienzo de la vida animal _____	Evolución: Capítulo C iii b
Comienzo de la Creación _____	Evolución: Capítulo C iii a, Evolución: Capítulo E vi
Orígenes de la vida _____	Evolución: Capítulo B vii
Orígenes de la vida, teorías sobre _____	Evolución: Capítulo E vii
Big Bang _____	Ciencia: Capítulo C i a, Ciencia: Apéndice A
Carbono _____	Evolución: Apéndice E
Establecimiento de fechas con el carbono _____	Evolución: Capítulo E i a, Evolución: Apéndice N: i
Dióxido de carbono _____	Evolución: Apéndice F
Catolicismo _____	Evolución: Apéndice P i
Células _____	Evolución: Apéndice J
Caos _____	Ciencia: Capítulo E vii, Ciencia: Apéndice I i, Evolución: Capítulo B v a
Fundamentalismo cristiano _____	Evolución: Apéndice P ii
Clonación _____	Ciencia: Capítulo D iv a
Compatibilidad del orden y primeros comienzos _____	Evolución: Capítulo C ii
Complejidad e interrelación _____	Evolución: Capítulo B iv
Complejidad <i>ver</i> Caos	
Teorías en conflicto _____	Evolución: Capítulo D ix
Creación y evolución _____	Evolución: Capítulo C
Selección acumulativa _____	Evolución: Capítulo B viii a
Técnicas para el establecimiento de fechas _____	Evolución: Apéndice N ii
Diseño, <i>ver</i> principio antrópico _____	
ADN _____	Evolución: Capítulo D iv, Evolución: Apéndice G
Drush _____	Evolución: Capítulo E ii
Tierra, la _____	Evolución: Apéndice D
Fuerza electromagnética, la _____	Ciencia: Apéndice B ii
Emergencias _____	Evolución: Capítulo B v d
Nivel de energía de ciertos átomos _____	Evolución: Apéndice K iii
Ética _____	Ciencia: Capítulo D iv-vi
Todo se creó en el primer día _____	Evolución: Capítulo C iv
Evolución _____	Evolución: Capítulo B v h
Evolución y Creación _____	Evolución: Capítulo C
Evolución, Descripción _____	Evolución: Capítulo A: i
Desarrollo evolutivo del hombre _____	Evolución: Capítulo C vi
Desarrollo evolutivo en otros tiempos _____	Evolución: Capítulo C v
Árbol evolutivo _____	Evolución: Capítulo B ii
Evolucionistas _____	Evolución: Capítulo D iii b
Expansión del universo _____	Evolución: Apéndice K i
Ojo _____	Evolución: Capítulo B xi f
Quinta fuerza <i>ver</i> Antigravedad _____	
Cuatro Fuerzas _____	Ciencia: Apéndice B, Ciencia: Apéndice D
Fraude _____	Ciencia: Capítulo E vii

Galaxias _____	Evolución: Apéndice K
Gravedad _____	Ciencia: Apéndice B i Evolución: Apéndice K iv
Genética _____	Ciencia: Apéndice I v
Hashgajá _____	Ciencia: Capítulo A i, Evolución: Capítulo C v a
Holismo _____	Evolución: Capítulo B v e
Indeterminación <i>ver</i> Probabilidad	
Teoría inflacionaria _____	Ciencia: Apéndice A iv
Insectos _____	Evolución: Capítulo B xi c
Hierro _____	Evolución: Apéndice I
El judaísmo no se opone a un concepto de evolución _____	Evolución: Capítulo C i b
Últimos desarrollos _____	Evolución: Capítulo B viii
Luz _____	Evolución: Apéndice C
Limitaciones de la ciencia, las _____	Ciencia: Capítulo D
Lípidos _____	Evolución: Apéndice J ii
Hombre, el _____	Evolución: Capítulo B ix
Unicidad del hombre _____	Evolución: Apéndice L
Microbios _____	Evolución: Capítulo B xi a
Fósil perdido, registro de _____	Evolución: Capítulo D i
Desafío molecular _____	Evolución: Capítulo B iv
Similitudes y diferencias moleculares, imposibilidad de explicarlas _____	Evolución: Capítulo D vii
Observación _____	Ciencia: Capítulo E i
Imposibilidad de observar en el laboratorio o fuera de él _____	Evolución: Capítulo D ii
Una fuerza compuesta de cuatro _____	Ciencia: Apéndice B v
Apertura, interconexión y desequilibrio _____	Evolución: Capítulo B v g
Organización _____	Evolución: Capítulo B v b
Osmosis _____	Evolución: Apéndice J v
Oxígeno _____	Evolución: Apéndice F
Paradigmas _____	Ciencia: Capítulo F iv
Revisión de colegas _____	Ciencia: Capítulo E v
Leyes de la física _____	Evolución: Apéndice K
Proposiciones de cuerpos educativos, religiosos y otros _____	Evolución: Apéndice P iv
Predicciones _____	Evolución: Capítulo D iii
Principio de Plenitud _____	Evolución: Capítulo B xi
Principio de complejidad _____	Evolución: Capítulo B v
Probabilidad _____	Ciencia: Capítulo C i c, Evolución: Capítulo B iii
Proteínas _____	Evolución: Apéndice H
Pshat _____	Evolución: Capítulo E ii
Física cuántica _____	Ciencia: Capítulo D viii a, Ciencia: Apéndice C, Ciencia: Apéndice I i, ii
Relación entre la materia y la energía _____	Evolución: Apéndice K vi
Relatividad, teoría de la _____	Ciencia: Capítulo C i i, Ciencia: Apéndice F
Religiones, otras _____	Evolución: Apéndice P
Científicos religiosos _____	Ciencia: Apéndice G i
Reproducción _____	Ciencia: Capítulo E v
Método científico _____	Ciencia: Capítulo E
Prejuicio secular _____	Evolución: Capítulo B xii
Características similares en animales diferentes, imposibilidad de explicar _____	Evolución: Capítulo D vi
Sencillez _____	Ciencia: Capítulo F iii
Escepticismo _____	Evolución: Apéndice A
Darwinismo social _____	Evolución: Capítulo D viii
Alma _____	Evolución: Capítulo C iii c
Fuerza fuerte _____	Ciencia: Apéndice B iii, Evolución: Apéndice K v

Supernova perfectamente espaciada _____	Evolución: Apéndice K ii
Simetría/Supersimetría _____	Ciencia: Capítulo C i h, Ciencia: Capítulo D viii e, I iii
Tautologías, imposibilidad de hacer _____	Evolución: Capítulo D iii
Teleología _____	Evolución: Capítulo B v i
Teleonomía _____	Evolución: Capítulo B v i
Regulación de la temperatura en el hombre y en otros seres grandes _____	Evolución: Apéndice B xiii C
Teorías, formación _____	Ciencia: Capítulo E iii
Tiempo _____	Evolución: Capítulo E, Evolución: Apéndice N
El árbol de la vida parece tener dirección _____	Evolución: Capítulo B vi
Recursos insuficientes _____	Ciencia: Capítulo D iv b, Ciencia: Apéndice E
Incertidumbre <i>ver</i> Probabilidad	
Organismos unicelulares (Protozoa) _____	Evolución: Capítulo B xi b
Uniformidad del Universo _____	Evolución: Apéndice K vii
Unicidad _____	Evolución: Capítulo B v c
Unidad _____	Ciencia: Capítulo F i, iv
Imposibilidad de predecir _____	Evolución: Capítulo B v f
Utilidad de los estadios intervinientes, imposibilidad de explicar los _____	Evolución: Capítulo D v
Virus _____	Evolución: Capítulo B xi e
Agua _____	Evolución: Apéndice B
Fuerza fuerte, la _____	Ciencia: Apéndice B iv
Clima _____	Evolución: Apéndice B xiii a
El mundo sí evolucionó _____	Evolución: Capítulo B viii c
El mundo parece haber estado pre-programado para la vida _____	Evolución: Capítulo B x
בריאָה , utilizado solo tres veces _____	Evolución: Capítulo C iii