

El Rey de la eternidad.



La palabra española REY proviene del vocablo latino REX-REGIS, y éste de la raíz indoeuropea REG, la cual significa "conducir, dirigir, gobernar, llevar o regir". Al parecer, REY posee el mismo significado que la palabra MONARCA (del latín "monarcha"), la cual se refería a un solo gobernante absoluto, al menos nominalmente hablando. En este mismo sentido, la palabra hebrea para REY, que es MÉLEKJ, da la impresión de querer significar "gobernante absoluto"; numerosas tradiciones antiguas aplican este último término al infame Nemrod, personaje dictador y tiránico que se menciona en la Biblia en conexión con la famosa y malograda Torre de Babel.

La palabra española ETERNIDAD proviene del latín AETERNUS o AEVITERNUS, cuyo significado es "para todo tiempo, o sin principio ni final". A su vez, AEVITERNUS proviene del indoeuropeo AIW, de donde también procede el vocablo griego EÓN, de significados parecidos. En hebreo, el término usado para expresar un concepto similar es OLAM, el cual denota un período de duración larga e indefinida, dependiendo de las circunstancias o condiciones que describe. Por consiguiente, el significado de OLAM depende de la naturaleza del objeto al que se aplica, de tal manera que el lapso así designado puede no tener principio ni fin, o un principio sin fin, o un principio y un fin; "perpetuo" podría ser una buena traducción; no obstante, cuando se refiere a Dios significa "eterno" en sentido absoluto, sin comienzo ni fin, porque Dios es Eterno.

La sagrada escritura da a entender que el Creador es eterno en sentido absoluto, sin comienzo ni final: "[Al único Dios nuestro Salvador mediante Jesucristo nuestro Señor, sea gloria, majestad, potencia y autoridad por toda la eternidad pasada y ahora y para toda la eternidad. Amén](#)" (Carta de Judas, versículo 25).

Al referirse a Dios Todopoderoso como el "Rey de la eternidad", la sagrada escritura parece querer señalar a la posición elevadísima que ocupa el Creador en cuanto al aspecto de la "realidad" que tiene

que ver con el "tiempo". Desde luego, el Sumo Hacedor controla la "realidad"; y hasta pudiéramos decir que es el Creador de dicha "realidad"; por lo tanto, gobierna (actúa como monarca o rey absoluto) sobre la "realidad". Y la "realidad", a su vez, engloba los conceptos de "espacio" y "tiempo".

El Dueño de la eternidad.

La designación "Rey de la eternidad" aparece en dos pasajes de la sagrada escritura, evidentemente con relación a Dios, el Creador Todopoderoso. Ambas se encuentran en las santas escrituras griegas cristianas (conocidas también, popular e inexactamente, como "nuevo testamento"). El primer pasaje corresponde a la primera carta del apóstol Pablo a Timoteo, capítulo 1, versículo 17: "**Ahora bien, al Rey de la eternidad, incorruptible, invisible, el único Dios, sea honra y gloria para siempre jamás. Amén**" (Traducción del Nuevo Mundo de las Santas Escrituras, edición española de 1987). El segundo pasaje corresponde al libro sagrado del Apocalipsis (una revelación al apóstol Juan), capítulo 15, versículos 3 y 4: "**Grandes y maravillosas son tus obras, Jehová Dios, el Todopoderoso. Justos y verdaderos son tus caminos, Rey de la eternidad. ¿Quién no te temerá verdaderamente, Jehová, y glorificará tu nombre, porque solo tú eres leal? Porque todas las naciones vendrán y adorarán delante de ti, porque tus justos decretos han sido manifestados**".

Si, como hemos mencionado, el tiempo es un aspecto de la realidad y la realidad misma está supeditada al Todopoderoso, entonces el tiempo queda bajo control del Sumo Hacedor. Ahora bien, Dios mismo es una realidad; es decir, es un Ser real, ya que existe. Por lo tanto, si admitimos que Dios forma parte de la realidad, cabe preguntarse: ¿Cómo puede una parte de la realidad estar por encima de toda la realidad? Más concretamente: ¿Cómo es posible que un Ser real esté por encima de sí mismo?

Una forma de salir de esta dificultad es afirmando que Dios supera a toda la

realidad que es externa a Sí mismo, y no a la realidad que tiene que ver consigo o con Su persona. Pero, ¿podemos confiar en que sea válida esta respuesta? Por contra, si dicha realidad albergara a la persona divina misma, sin distinción entre realidad externa y realidad interna, entonces: ¿Estaría Dios superándose continuamente con respecto a Sí mismo, o no?

Seguramente estas preguntas esconden en su interior un gran desacierto conceptual, o una enorme ignorancia cognitiva, lo cual no puede menos que producir paradojas. ¿Por qué? Porque dichas interrogantes han sido formuladas desde la óptica de nuestro sentido común actual, el cual resulta ser una buena guía dentro del infinitesimal reducto cósmico en el que nos desenvolvemos, pero una fatal brújula a la hora de orientarnos en aspectos de la realidad que superan con creces incluso al inmenso universo material creado por Dios. Un ejemplo de cómo el uso del sentido común es inservible en cuestiones que saltan fuera del conjunto de las nociones obtenidas a partir del espacio vital que nos rodea se provee en la monografía G078 (El infinito), página 12, nota:

«El "sentido común" es lo que la gente piensa a nivel general sobre un tema en particular. Es un acuerdo natural de las personas sobre algo. Se entiende como una creencia que la gente considera prudente sobre un tema o situación, sin necesidad de que esa información esté comprobada científicamente o que sea parte de un conocimiento esotérico; lo único que importa en este caso es que la mayoría de las personas lo crean o lo tengan en "común".

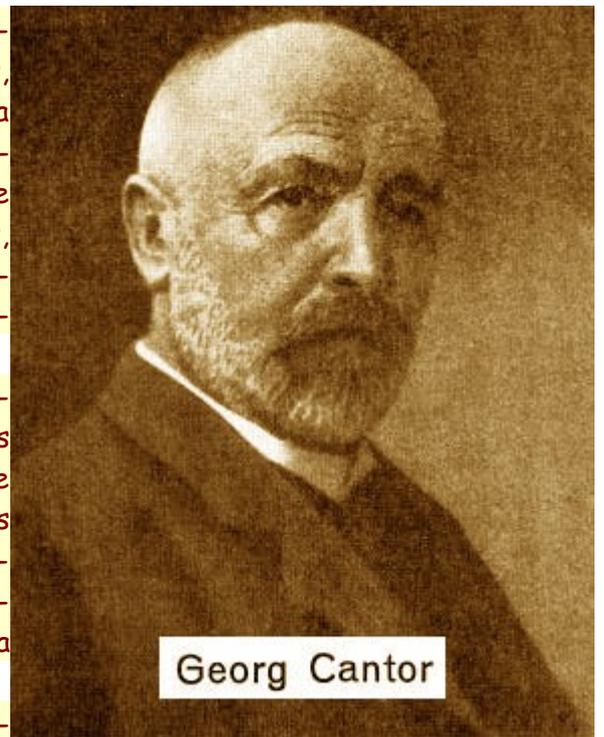
Un factor importante relacionado con el sentido común es la experiencia que cada persona ha



tenido en el transcurso de su vida. Muchas de esas experiencias resultan en algo positivo para la mayoría de las personas, por lo que, según el conocimiento que se adquiere en base a esas experiencias, se establecen creencias que a nivel popular son de buen juicio. De hecho, muchas de las cosas que se creen como correctas, vienen desde generaciones pasadas, de tiempos anteriores en los cuales, por la experiencia de otros, se establecieron como buenas o prudentes y han perdurado hasta hoy.

El "sentido común" es uno de los sentidos más valorados en las sociedades humanas, tal vez porque es el menos común de los sentidos y uno cuya aplicación generalmente produce buenos resultados. El concepto se compone de dos palabras: "sentido", que da la idea de percepción o de capacidad para captar la realidad, y "común", que incluye a un conjunto de personas que tienen la misma visión o dan la misma orientación a las situaciones.

Según esto, es evidente que los "transfinitos de Cantor" violan el sentido común de la gente, porque dicho sentido común se basa en el conocimiento y experiencia tomados de la realidad finita que percibimos como humanos. Sin embargo, la matemática cantoriana nos informa de que el infinito posee ciertas reglas cuya percepción es dificultada por nuestro habitual sentido común».



Dios y realidad.

El Rey de la eternidad no es un Dios distante e inasequible en el trato, pues la sagrada escritura nos informa lo siguiente: "Jehová está cerca de todos los que lo invocan, de todos los que lo invocan en apego a la verdad. Ejecutará el deseo de los que le temen, y oirá su clamor por ayuda, y los salvará" (Libro bíblico de los Salmos, capítulo 145, versículos 18 y 19). Un estudio profundo y completo de toda la Biblia nos revela que el Dios Todopoderoso considera muy valiosa a su creación humana, a pesar de su insignificante pequeñez y del estado de desequilibrio ancestral heredado como consecuencia de la rebelión edénica, por lo cual ha dispuesto una vía paternalista y protectora para aproximarse a los humanos que muestran reverencia sincera hacia Él y poseen un corazón inclinado a la verdad.

Por otra parte, la excelencia del Creador es de una magnitud tan elevada que sólo Él puede entenderla. A este respecto, la santa escritura se expresa así: "Jehová es grande y ha de ser alabado en gran manera, y su grandeza es inescrutable" (Libro bíblico de los Salmos, capítulo 145, versículo 3). Sin embargo, la tan infinita distancia entre Dios y nosotros no obsta para que seamos apreciados por Él y para que Él desee recuperar amorosamente para Sí al mayor número posible de humanos que, en su libre albedrío, deciden aceptarlo como Padre celestial.

La sagrada escritura nos presenta al Altísimo como un Dios de personalidad estable y predecible, con cualidades fácilmente entendibles por los humanos. Y entre dichas cualidades figuran el amor, la gran paciencia, la benignidad, la bondad, la apacibilidad, el autocontrol o autodominio, el apego inquebrantable a la justicia, la sabiduría en grado superlativo, el poder supremo y el gozo de vivir.

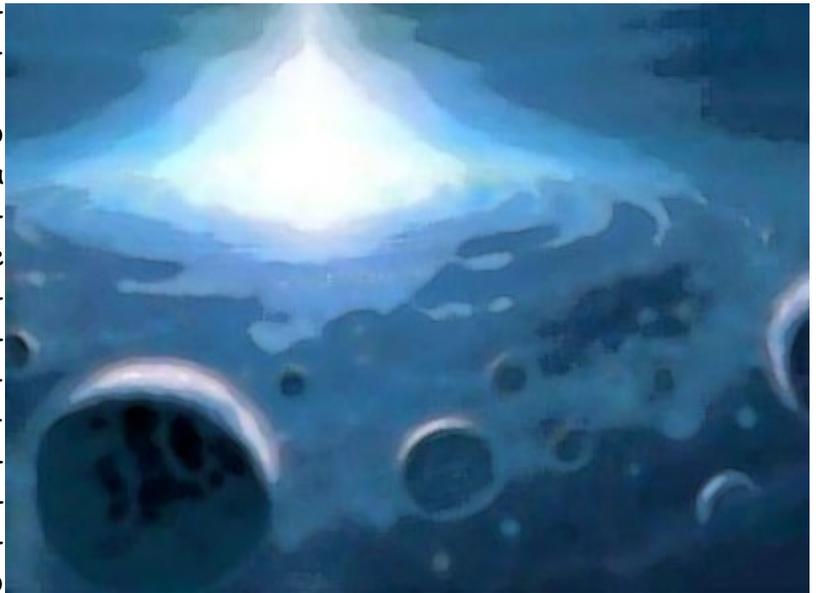
Ahora bien, al margen de esas hermosas cualidades divinas, se puede comprender que el entendimiento de la estructura corporal de Dios, de Sus capacidades mentales o de los recursos cósmicos que tiene a Su disposición para manipular la realidad quede, absolutamente, fuera de nuestro alcance. Así que las interrogantes que podamos formularnos acerca de estas cosas, por adolecer necesariamente de la imprecisión conceptual que siempre nos acompañará, están condenadas a ser desechadas y sustituidas por otras mejor elaboradas, en una sucesión sin final. Ello se debe a la detección de equívocos (ambigüe-

dades, confusiones e imprecisiones en los conceptos empleados en la construcción de los enunciados de las preguntas). A este género de interrogantes pertenece, también, la que lee: "¿Cómo es que Dios no ha tenido comienzo o principio en Su existencia?".

Campos cuánticos y realidad.

El estudio de la realidad desde el punto de vista físico-matemático llevó a la aparición de la noción de "campo gravitatorio", una especie de entelequia a modo de tinglado cósmico, extraño e invisible, que tiene la propiedad de permear todo el universo como si fuera un éter (atmósfera o clima), algo omnipresente, que posibilita la atracción gravitatoria entre cuerpos materiales separados entre sí por distancias más o menos grandes. El concepto nace en la física clásica de forma indirecta, tras la explicación de la fuerza de la gravedad dada por Isaac Newton (1643-1727) a finales del siglo XVII y tras su famoso e inevitable postulado de la "acción a distancia" entre los objetos que pueblan el cosmos.

Antes de Newton, la idea de un campo de fuerzas era totalmente inconcebible para los estudiosos de los fenómenos naturales. Incluso el concepto mismo ni siquiera aparece explícitamente en la obra cumbre de este célebre científico británico, a saber, en los "Principia Mathematica". No obstante, al introducir la noción de "fuerzas de atracción gravitatorias que actúan a distancia" (acción a distancia), sin la intervención de cuerpo físico alguno que sirva de intermediario en la transmisión de dichas fuerzas, Newton fue objeto



de críticas. Ante esto, en un apéndice a la tercera edición de sus "Principia" incluyó su conocida "hypothesis non fingo" (en latín: "no propongo ninguna hipótesis"). Ahora bien, la intuición de Newton era que el universo está lleno de un campo, algo parecido al "éter"; y así lo explicó en unas cartas a unos colegas. Él creía en la existencia de un campo que podía explicar la acción a distancia de la gravedad, pero como no encontró ningún indicio experimental de su existencia, se limitó a sostener su "hypothesis non fingo".

En el siglo XIX, la noción de "campo" reapareció para comprender tanto la gravedad como el electromagnetismo, a instancias de Michael Faraday (1791-1867). Y para evitar el concepto embarazoso de "acción a distancia", Faraday propuso que el espacio estaba constituido por "líneas de fuerza" emanadas de los propios campos; pero no había que pensar que los campos se encuentran en el espacio de igual manera a como una partícula lo está, sino que los campos han de ser concebidos como algo intrínseco al mismo espacio, o como propiedades del espacio físico en un cierto sentido.

James Clerk Maxwell (1831-1879), más newtoniano y más matemático que Faraday, invocó el concepto de "éter mecánico" en el lugar del "campo", a saber, un medio contenido en el espacio que obedecía las leyes de Newton. Para Maxwell, las líneas de fuerza de Faraday correspondían a un estado oscilatorio u ondulatorio del "éter", interpretado éste como un medio acertadamente material. Pero la búsqueda infructuosa de indicios experimentales de la existencia de dicho "éter" llevó finalmente a reivindicar la idea de Faraday del "campo electromagnético" como un mero estado del espacio y no del éter.

Albert Einstein (1879-1955) llevó las ideas de Faraday a un extremo con su teoría especial de la relatividad, en 1905, y sobre todo con su teoría general de la relatividad, en 1915. El "campo gravitatorio" es redefinido entonces como un espacio-tiempo curvado; y el "espacio-tiempo curvado" es, a su vez, un campo gravitatorio. El "éter" es declarado no existente como un medio material en el espacio, y descatalogado ya para sustentar los "campos electromagnéticos", los cuales son afirmados como una propie-

dad del mismo espacio-tiempo e inseparables de él.

Al mismo tiempo que Einstein proponía su teoría especial de la relatividad, daba pábulo a la versión más primitiva de la "mecánica cuántica", al apadrinar las propuestas de Planck en este sentido a

causa de tener que retomar la idea de partícula para describir a unos entes que él llamó "fotones" y a la vez admitir para ellos la denominada "dualidad onda-corpúsculo". La mecánica cuántica es, cronológicamente, la última de las grandes ramas de la física contemporánea. Comienza a principios del siglo XX, en el momento en que dos de las teorías que intentaban explicar ciertos fenómenos, la ley de gravitación universal y la teoría electromagnética clásica, se volvían insuficientes para esclarecerlos. La teoría electromagnética, por su parte, generaba un problema cuando intentaba explicar la emisión de radiación de cualquier objeto en equilibrio, llamada "radiación térmica", que es la que proviene de la vibración microscópica de las partículas que lo componen. Usando las ecuaciones de la electrodinámica clásica, la energía que emitía esta radiación térmica tendía al infinito si se sumaban todas las frecuencias que emitía el objeto, con ilógico e impresentable resultado para los físicos.



La teoría electromagnética, por su parte, generaba un problema cuando intentaba explicar la emisión de radiación de cualquier objeto en equilibrio, llamada "radiación térmica", que es la que proviene de la vibración microscópica de las partículas que lo componen. Usando las ecuaciones de la electrodinámica clásica, la energía que emitía esta radiación térmica tendía al infinito si se sumaban todas las frecuencias que emitía el objeto, con ilógico e impresentable resultado para los físicos.

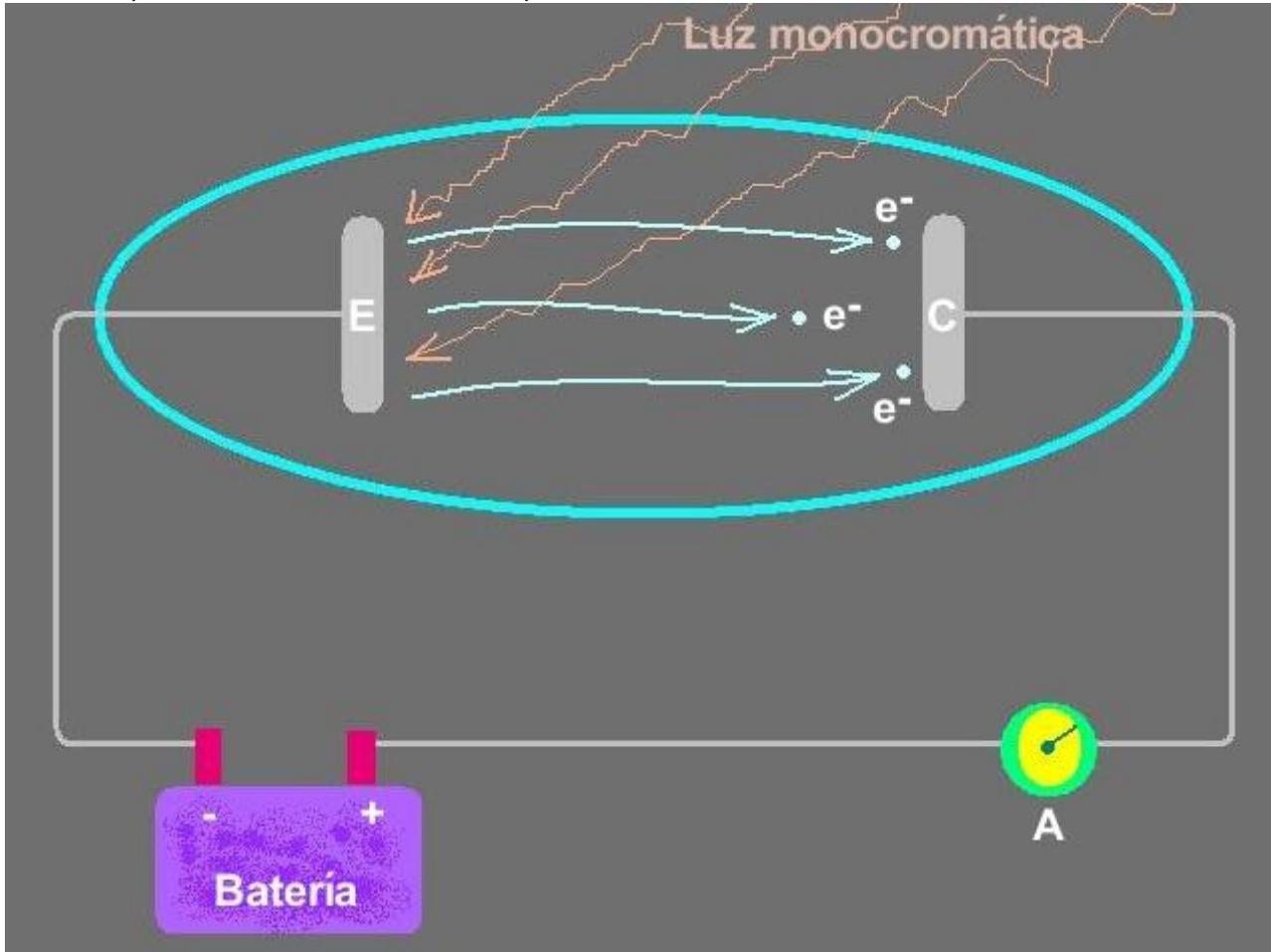
Fue en el seno de la "mecánica estadística" donde surgieron las primeras ideas cuánticas, en 1900. Al físico alemán Max Planck se le ocurrió un artificio matemático especulativo, a incorporar en el cálculo sumatorio de las frecuencias emitidas por el cuerpo radiante, que en electrodinámica clásica producía el indeseable infinito como resultado. Él sustituyó la integral de esas frecuencias por una suma no continua y consiguió evitar el infinito, con lo que eliminó el problema teórico; pero, además, el resultado que obtuvo concordaba con lo que después era medido. De esta estrambótica manera, un simple juego intuitivo condujo a una salida teórica que vino a estar refrendada experimentalmente. Entonces, Planck enunció la hipótesis de que la radiación electromagnética es absorbida y emitida por la materia en forma de "cuantos" (unidades energéticas discontinuas o discretas) de luz o fotones, de energía $E=h \cdot \nu$, donde ν representa la frecuencia de la radiación y h es la denominada "constante de Planck". La primera formulación cuántica de un fenómeno fue dada a conocer por el mismo Planck el 14 de diciembre de 1900, en una sesión de la Sociedad Física de la Academia de Ciencias de Berlín.

La idea de Planck habría quedado como simple hipótesis, por muchos años, si Albert Einstein no la hubiera retomado al proponer que la luz, en ciertas circunstancias, se comporta como haz de partículas independientes: los cuantos de luz o fotones. Por otra parte, Einstein completó en 1905 las correspondientes leyes de movimiento en su teoría especial de la relatividad, demostrando que el electromagnetismo era una teoría esencialmente no mecánica. Y con ello culminaba lo que se ha dado en llamar "física clásica", es decir, la física no-cuántica.

La propuesta de Einstein de que la luz se comporta a veces como haz de partículas o cuantos luminosos materiales (fotones) estaba motivada por la hasta entonces problemática elucidación del llamado "efecto fotoeléctrico", cuya explicación no era factible desde el modelo teórico de la física clásica. Einstein, entonces, consiguió explicar el fenómeno recurriendo a la hipótesis de la cuantización de la energía de Max Planck.

Se entiende por "efecto fotoeléctrico" al fenómeno por el cual la luz incidente sobre ciertas superficies metálicas ocasiona que desde ellas se emitan electrones. Los electrones emitidos reciben el nombre de "fotoelectrones". En la figura siguiente se muestra el diagrama de un aparato en el cual puede ocurrir el fenómeno fotoeléctrico. Un tubo de vidrio o cuarzo donde se ha hecho vacío contiene una placa metálica (E), conectada al terminal negativo de una batería. Cuando el tubo se mantiene en un am-

biente de oscuridad, el amperímetro (A) registra cero, lo que indica que no hay corriente en el circuito. Por el contrario, cuando una luz monocromática de longitud de onda apropiada ilumina la placa E, el amperímetro detecta una corriente, lo que es indicativo de la existencia de un flujo de cargas a través del vacío, entre la placa E y la placa C (colector). Conclusión: la corriente asociada a este proceso surge de los electrones (e^-) emitidos desde la placa negativa E (emisor) hacia la placa positiva C, los cuales viajan a través del espacio vacío situado entre las placas.



En principio, sin detenerse mucho en el asunto, el fenómeno admite una explicación somera o superficial en el seno de la física clásica. Pues lo único que ocurre, al iluminarse el metal, es que los electrones absorben la energía luminosa y, como consecuencia de ello, pueden saltar hacia afuera de la placa y ocasionar el hecho de que el metal emita electrones (efecto fotoeléctrico). Sin embargo, hay una serie de cuestiones experimentales, más minuciosas, que no se pueden explicar desde el punto de vista del paradigma clásico. Son éstas:

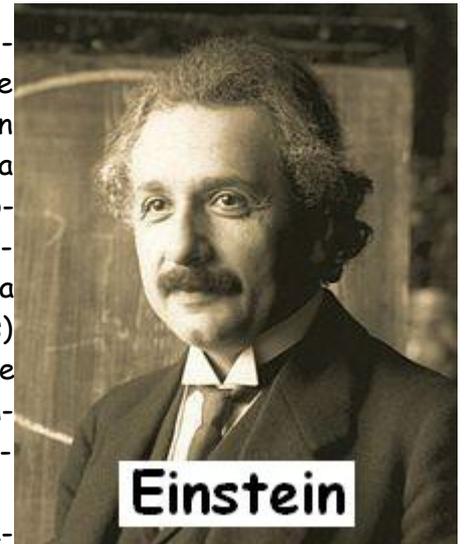
1). Según la teoría electromagnética clásica, la energía cinética máxima de los electrones debería aumentar al aumentar asimismo la intensidad de la luz; pero esto no ocurre así. Se observa que la energía cinética máxima de los electrones emitidos depende de la frecuencia de la radiación luminosa recibida y no de la intensidad de la misma.

2). Para cualquier frecuencia de la radiación luminosa incidente se deberían emitir electrones por la placa, con tal que dicha radiación sea lo suficientemente grande en intensidad, de acuerdo con la física clásica. Pero sucede que por debajo de cierta frecuencia la placa no emite electrones, sea cual sea la intensidad de la radiación luminosa incidente.

3). Cuando la luz que llega a la placa es suficientemente débil en intensidad y como ésta se distribuye uniformemente en el haz luminoso, debería producirse un retraso entre la recepción de la luz por la placa y la emisión electrónica por la misma, de modo que, de acuerdo a los esquemas clásicos, el electrón consiga energía suficiente para salir del metal. Sin embargo, experimentalmente, se observa que la emisión de electrones es instantánea, aunque la intensidad de la radiación luminosa sea muy pequeña.

Basta, pues, con que la frecuencia de la radiación luminosa sea suficiente para que los electrones salten de la placa y lo hagan al mismo momento de llegada de la radiación, aunque la susodicha radiación sea de muy baja intensidad.

En 1905, Einstein se percató de que había que trascender la teoría clásica para tratar de explicar estos hechos. Recurrió, como ya se ha comentado anteriormente, a la hipótesis de Planck de la cuantización de la energía radiante electromagnética. Hizo hincapié en que la energía de una onda electromagnética, de frecuencia ν , sólo puede tomar valores que sean múltiplos enteros (mejor: múltiplos naturales o enteros positivos) de $h\nu$. Además, afirmó que la energía no sólo está cuantizada sino que se encuentra concentrada en paquetes energéticos (o cuantos) denominados "fotones". La energía de un fotón es $h\nu$, y todo fotón se comporta como una partícula indivisible. Con estas nuevas premisas, interpretó el efecto fotoeléctrico a la luz de una recién nacida física y aquello le valió el premio Nobel en 1921.



Esta explicación del efecto fotoeléctrico favorecía la interpretación de que los campos electromagnéticos estaban formados por partículas, por fotones, y, en definitiva, conducía a un universo hecho de partículas y no de campos. Pero esta idea desagradaba a Einstein y a muchos otros físicos, porque llevaba de forma natural a ciertas paradojas, como la forzada interpretación del experimento de Young (o de la "doble rendija") con partículas y no con ondas.

El experimento de Young fue realizado en 1801 por Thomas Young, en un intento de discernir sobre la naturaleza corpuscular u ondulatoria de la luz. Young hizo pasar un fino haz de luz, procedente de una fuente lejana, a través de dos rendijas y obtuvo como resultado un patrón de interferencias en la pantalla, típico de los fenómenos ondulatorios. Dicho resultado contribuyó a que se consolidara la teoría de la naturaleza ondulatoria de la luz.

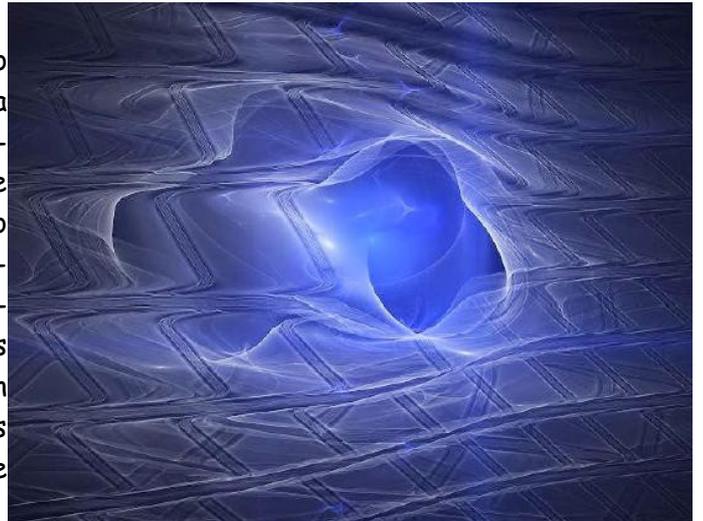
Antes de proseguir, conviene entender qué es un campo desde el punto de vista físico-matemático. Un campo es una función que asigna una magnitud a cada punto del espacio tridimensional. Por ejemplo, el campo eléctrico asociado a una carga asigna un vector a cada punto del espacio que rodea a dicha carga. Los campos pueden ser de diferentes tipos: escalares, vectoriales, espinoriales, etc. Un campo escalar, como su nombre indica, asigna una magnitud escalar a cada punto del espacio; un campo vectorial asigna un vector a cada punto del espacio; y un campo espinorial asigna un espinor a cada punto del espacio. Los campos escalares se asocian a partículas escalares, como, por ejemplo, el famoso bosón de Higgs; los campos vectoriales se asocian a partículas vectoriales, como, por ejemplo, el fotón; y los campos espinoriales se asocian a partículas con movimiento de espín, como, por ejemplo, el electrón.

La física intenta desvelar la unidad o unificación profunda que subyace ante la aparente cantidad infinita de fenómenos que se observan en la naturaleza, y para ello ha usado pródigamente las matemáticas y su lenguaje cuantitativo; a partir de ellas, ha obtenido herramientas teóricas de formidable utilidad, como las nociones de campo, vector, tensor, etc. Los resultados han sido importantes. Newton unió la "mecánica terrestre" con la "mecánica celeste", en el siglo XVII. Dos siglos más tarde, James Clerk Maxwell unificó la "óptica" con la "electricidad" y el "magnetismo". Entre 1905 y 1916, Einstein unificó la "geometría del espacio-tiempo" y la "teoría de la gravitación". Un decenio después, establecida la mecánica cuántica, se unieron la "química" y la "física atómica".

Einstein dedicó los últimos treinta años de su vida a la búsqueda infructuosa de una "teoría de campos unificada", que uniría la "relatividad general" (su propia teoría del espacio-tiempo y la gravitación) con la "teoría del electromagnetismo" de Maxwell. En tiempo más reciente, se han realizado nuevos progresos de unificación, aunque en dirección distinta. Nuestra teoría actual de las fuerzas y partículas elementales, el llamado "modelo estándar", ha unificado el "electromagnetismo" y las "interacciones débiles" (las fuerzas responsables de la "transformación mutua de neutrones y protones" en los procesos

radiactivos y en el interior de las estrellas). El "modelo estándar" ofrece también una descripción parecida, aunque independiente, de las "interacciones fuertes", que mantienen unidos los quarks dentro de los protones y neutrones y que, en el interior de los núcleos atómicos, da cuenta de la fusión entre protones y neutrones.

Algunas ideas se han ido asentando sobre cómo unificar la "teoría de las interacciones fuertes" con la "teoría de las interacciones débiles y electromagnéticas" (teoría electrodébil), logro en perspectiva que se suele denominar a menudo "la gran unificación". Pero se prevé que sólo hallarán pleno encaje cuando incluyan también a la "gravitación", problema nada fácil. Además, se conjetura que las diferencias manifestadas por estas fuerzas debieron surgir al inicio de la "gran explosión", pero no podemos comprender los instantes iniciales de la historia cósmica sin una mejor teoría de la gravitación y de las demás fuerzas.



El "modelo estándar" es una "teoría cuántica de campos". Sus componentes básicos o fundamentales son "campos" (como el eléctrico y el magnético, tomados de la electrodinámica del siglo XIX) y no "partículas". La energía y el momento (cantidad de movimiento) se transmiten en su seno mediante pequeñas ondas que, según la mecánica cuántica, aparecen en forma de paquetes, o cuantos, y se identifican en el laboratorio como "partículas elementales". Así, el cuanto del campo electromagnético es una aparente partícula llamada "fotón". En consecuencia, el "modelo estándar" asocia un "campo" a cada tipo de "partícula elemental".

Desde el "modelo estándar", existen "campos de leptones", cuyos cuantos son los "electrones", que forman las capas externas de los átomos, los "muones" y "taones" (partículas similares a los electrones, si bien más pesadas) y unas partículas eléctricamente neutras emparentadas con las anteriores y que se denominan "neutrinos". Hay campos para las distintas clases de quarks, algunos de las cuales se agrupan formando protones y neutrones, que conforman los núcleos atómicos. Las "fuerzas" ejercidas entre las "partículas" (vistas éstas como perturbaciones energéticas infinitesimales provocadas en los "campos") se producen mediante el "intercambio de fotones" en las "interacciones electromagnéticas", o mediante otras "partículas elementales" similares, como las $W(+)$, $W(-)$ y $Z(0)$, transmisoras de la "interacción débil". Las "interacciones fuertes" se realizan por mediación de ocho especies de "gluones".

Todas estas "partículas" exhiben masas muy dispares, distribuidas sin ningún patrón reconocible. El "electrón" es 350.000 veces más ligero que el "quark" más pesado; y los "neutrinos" son más ligeros todavía. El modelo "estándar" carece de recursos propios para explicar las masas de dichas "partículas", salvo que incorpore campos adicionales de tipo "escalar". La palabra "escalar" significa que estos "campos escalares", a diferencia de los "campos vectoriales" eléctricos, magnéticos y de otros tipos del modelo estándar, no muestran ninguna dirección espacial. Ello, entonces, obliga a postular que los "campos escalares" se extienden por todo el espacio, sin contradecir uno de los principios mejor establecidos de la física, a saber, que el espacio tiene el mismo aspecto en todas direcciones.

La interacción entre los "campos" del modelo estándar, en cuyos senos surgen las correspondientes "partículas elementales", y los "campos escalares" extendidos por todo el espacio daría, así se cree, a las "partículas" del modelo estándar las masas que presentan. Esto es lo que ha ocurrido recientemente al descubrirse el "campo escalar de Higgs", con el consiguiente descubrimiento de la "partícula" asociada al mismo, el "bosón de Higgs".

La relación entre "partículas" y "campos cuánticos" ha sido explorada por los investigadores, y no hace mucho el doctor Art Hobson, de la Universidad de Arkansas, ha escrito un artículo titulado "No hay partículas, sólo hay campos", que posteriormente ha comentado el físico Francis Villatoro, abundando en la misma idea. Por lo tanto, las "partículas" tienden a ser vistas como fenómenos derivados de los

"campos", es decir, fenómenos accesorios que acompañan al fenómeno principal y que no tienen influencia sobre el mismo. Ya lo dijo Richard Feynman en su conferencia Nobel en 1965: "sólo existe un único electrón en el universo, que se propaga por el espacio y el tiempo de tal forma que parece que está en muchos sitios simultáneamente". Según se dice, fue John Wheeler quien le sugirió esta idea a Feynman en una conversación por teléfono en la primavera de 1940. ¿Qué quería decir Feynman con esa frase que da la impresión de no tener sentido?

Lo que intentan decir Wheeler y Feynman con la frase de que "sólo existe un único electrón en el universo" es que el electrón no existe como "partícula fundamental", sino como el "campo del electrón" y que hay un único "campo electrónico" en todo el universo. Por lo tanto, todos los electrones que observamos en el universo no son más que excitaciones localizadas de dicho campo. Por ello, todos los electrones son exactamente idénticos e indistinguibles entre sí.

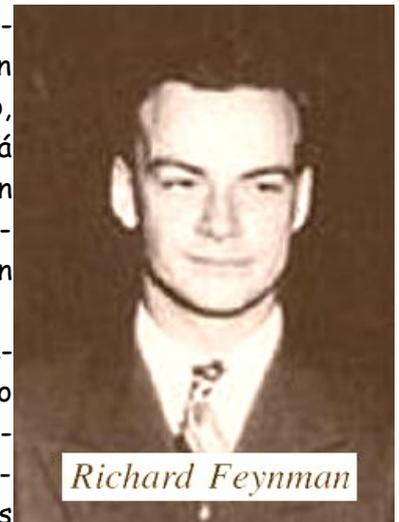
Ser consciente de que el universo está hecho de "campos" y no de "partículas" es muy importante para entender los problemas y "paradojas" asociados a la interpretación de la mecánica cuántica no relativista, sobre todo en lo que concierne a la "dualidad onda-partícula", el "problema de la medida", el "colapso de la función de onda", la "no localidad" y muchas otras paradojas (en apariencia).

El "misticismo cuántico" y las "pseudociencias cuánticas" tienen su origen en estas supuestas "paradojas", ya que si los científicos afirman que no entienden la mecánica cuántica, entonces los "pseudocientíficos", que tampoco la entienden, se sienten en la potestad de abusar de ella a su libre albedrío. Este estado nebuloso de la cuestión ha sido mantenido por muchos libros de texto, que enseñan la mecánica cuántica sin aclarar que se trata de "una aproximación a la realidad", en el límite de las "bajas velocidades", es decir, de la "baja energía" y del "bajo momento": una aproximación a la mecánica cuántica no relativista, esto es, una aproximación a una teoría cuántica de campos.

En "física de altas energías", la mayoría de los físicos teóricos, si no todos, creen que la entidad fundamental es el "campo cuántico" y que las "partículas elementales" (electrones, fotones, quarks, etc.) son meras "excitaciones" (ondas) localizadas en dichos campos. Así, cuando a "baja energía" se habla de "partículas" a secas, aparecen "paradojas" (como la de que una partícula puede estar en dos lugares al mismo tiempo), que se resuelven fácilmente cuando uno se da cuenta de que son "excitaciones de un campo". El ejemplo paradigmático es el "experimento de la doble rendija", el cual nos lleva a dificultades tales como: ¿por qué rendija pasa la partícula? ¿O pasará la partícula al mismo tiempo por ambas rendijas? La famosa frase de Richard Feynman "Si usted piensa que entiende la mecánica cuántica, entonces usted no entiende la mecánica cuántica" abogaba por sustituir el concepto de "partícula" por el concepto de "campo", uno de los avances más importantes de la física moderna.

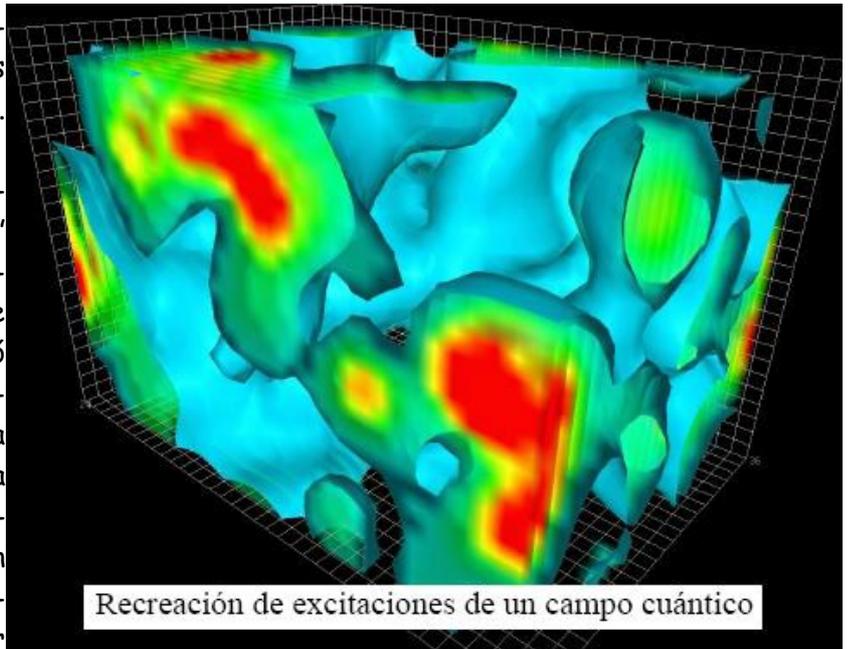
Todos los experimentos de principios del siglo XX que llevaron a la idea de la dualidad "onda-corpúsculo" tienen una interpretación natural en el marco de los "campos cuánticos", aunque muchos libros de texto obvian esta interpretación por considerarla conceptualmente demasiado avanzada para los estudiantes de un primer curso de física cuántica. Como comenta Art Hobson: si uno lo piensa detenidamente, estas ideas sobre los "campos cuánticos" lo único que hacen es complicarle la vida al estudiante y enfrascarlo en discusiones metafísicas y filosóficas acerca de la interpretación más conveniente de la mecánica cuántica. No obstante, el "concepto de campo" es la liberación teórica que todo estudiante de física necesita, aunque para calcular fenómenos a baja energía no utilice este concepto de forma explícita.

La idea de que sólo existen los campos y de que las partículas son propiedades emergentes o colaterales de los mismos (epifenómenos), que físicos como Wheeler y Feynman tenían muy claro ya desde principios de los años 1940, era considerada herética, o al menos desquiciadamente especulativa, por la mayoría de los físicos de la época. La opinión académica general era que no existía ningún campo detrás de la función de onda descrita por la ecuación de Schrödinger, o por la ecuación de Dirac. Se pensaba,



de manera categórica, que dichas ecuaciones no eran más que meras construcciones matemáticas, sin ningún asomo de realidad. Sólo las partículas eran reales.

Sin embargo, a principios de los años 1970, la "teoría cuántica de campos" renació con fuerza, para no abandonar nunca más su protagonismo en la física. Desde entonces, la mayoría de los teóricos aceptó que la descripción más cercana a la realidad que hoy está disponible corresponde a la "teoría cuántica de campos", siendo la "mecánica cuántica no relativista" una aproximación efectiva que utiliza la "función de onda", solución de la ecuación de Schrödinger, "que no es un campo cuántico" y por



tanto no tiene realidad en sí misma. La "función de onda" no es más que un concepto "efectivo", una simple herramienta matemática para calcular propiedades efectivas de las partículas, siendo tales partículas "excitaciones localizadas de los campos". Por lo tanto, no existe una realidad descrita por funciones de onda que correspondan a partículas que pueden estar localizadas en más de un estado energético o en más de un lugar de forma simultánea. La realidad está en los "campos cuánticos", por lo que el "experimento de doble rendija" se puede interpretar a la luz de los "campos cuánticos". Por ejemplo, un protón es el resultado de la interacción localizada en cierta región del "espacio-tiempo" de "campos de quarks" y "campos de gluones". En las colisiones de protones en el LHC (siglas para "Gran Colisionador de Hadrones", del CERN: la Organización Europea para la Investigación Nuclear; cerca de Ginebra, Suiza) estos "campos", que están acoplados a otros "campos", provocan la excitación localizada de estos otros campos, con lo que ciertos quarks y/o gluones se desexcitan, excitando algunos de esos campos y produciendo nuevas excitaciones, o "partículas" aparentes, que estaban dentro del protón.

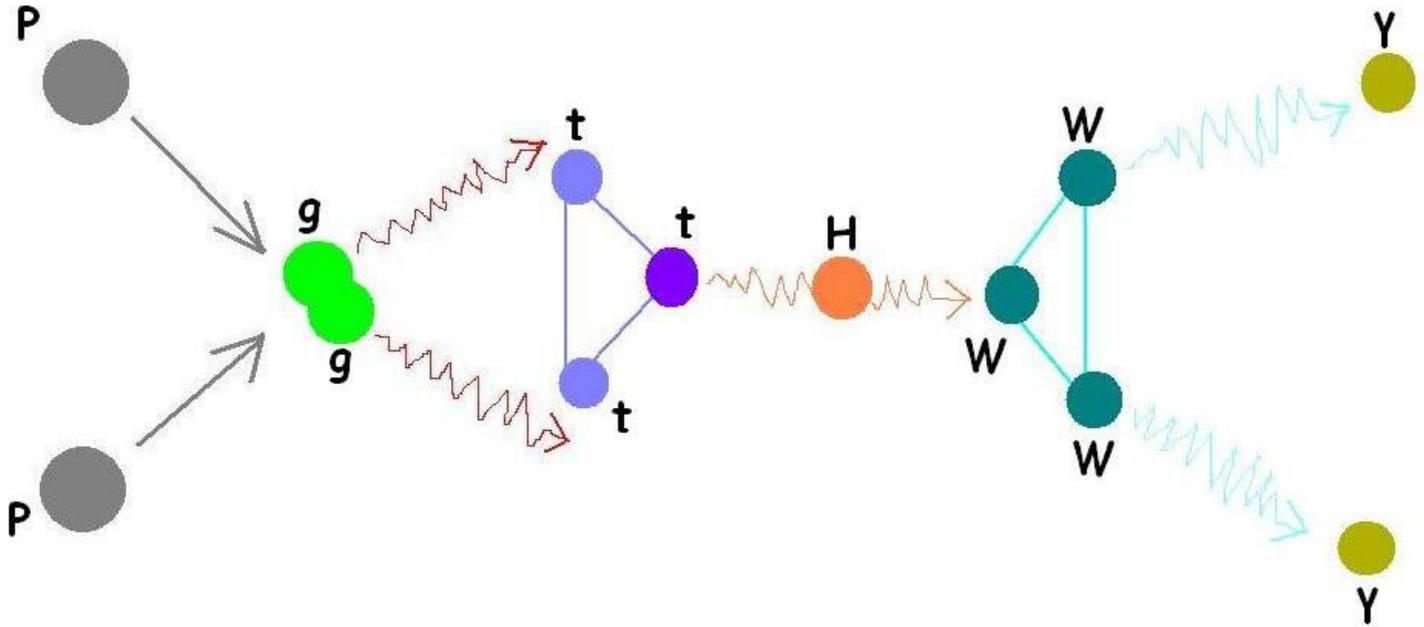
Veamos un pequeño ejemplo en el seno de la teoría cuántica de campos de cómo se produce un "bosón de Higgs" (H), por fusión de "gluones" (g), que se finalmente se desintegra en fotones (γ). Pero antes que nada, vamos a definir estas "partículas". El bosón de Higgs, o partícula de Higgs, es una micropartícula fundamental propuesta en el modelo estándar de la física de partículas, que recibe su nombre en honor a Peter Higgs, quien, junto con otros, postuló en 1964 el hoy llamado "Mecanismo de Higgs" para explicar el origen de la masa de las partículas elementales. Dentro de la mecánica cuántica de campos, el bosón de Higgs constituye el cuanto energético del campo de Higgs, que constituye la más pequeña excitación posible en dicho campo. De acuerdo al modelo propuesto por Higgs, este bosón carece de espín y carga eléctrica, es muy inestable y se desintegra rápidamente (su vida media es del orden del zeptosegundo, o de 10^{-21} segundos).

El gluón (g) es un bosón, portador de la interacción nuclear fuerte, que es una de las cuatro fuerzas fundamentales del universo material que nos acoge. Carente de masa y de carga eléctrica, pero de vida media estable, debe su nombre (derivado del vocablo inglés "glue", que significa "pegamento") a las características que posee como adhesivo de los quarks dentro de los nucleones (neutrones y protones). La descripción matemática de la interacción de los gluones entre sí y con los quarks viene dada por la denominada "cromodinámica cuántica". En dicho contexto, los gluones son concebidos como excitaciones en un campo gluónico (campo de Yang-Mills asociado a una "simetría de Gauge").

Un fotón (γ) es también un bosón, de vida media estable y de carga eléctrica y masa nulas. Responsable de las manifestaciones cuánticas del fenómeno electromagnético. Partícula portadora de todas las formas de radiación electromagnética, incluyendo los rayos gamma, los rayos X, la luz ultravioleta, la luz visible a los seres humanos, la luz infrarroja, las microondas y las ondas de radio. De acuerdo con el

modelo estándar de la física de partículas, los fotones son excitaciones del campo electromagnético y además son el resultado de que las leyes físicas tengan cierta simetría en todos los puntos del espacio-tiempo.

En la figura que sigue, vemos un esquema de cómo se produce un "bosón de Higgs" (H), por fusión de "gluones" (g), que finalmente se desintegra en fotones (γ):

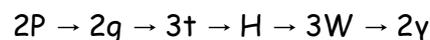


En el año 2012 se hicieron colisionar partículas subatómicas de muy alta energía en el LHC, obteniéndose el esquema teórico de la figura anterior: El dibujo representa la colisión de 2 protones (P) a enorme velocidad (acelerados a muy alta energía en el LHC). Un protón aislado viene a ser un núcleo de hidrógeno (átomo de hidrógeno desprovisto del electrón). Y Como un protón está constituido por la unión de 3 quarks mediante gluones (g), resulta claro que la colisión de protones implica la colisión de gluones. En el esquema gráfico, en verde, se representa la colisión de 2 gluones, a muy alta energía (a causa de la aceleración de los protones en el LHC).

La interacción colisionadora mutua entre ambos gluones puede excitar el campo del quark "top" (t), que no está excitado dentro del protón; es decir, no hay quarks top dentro de un protón sino sólo el campo de dicho quark. Ello produce un triángulo de 3 "tops" (2 quarks top y un quark anti-top), que se puede desexcitar al traspasar la excitación energética al campo de Higgs (hasta ahora vacío de excitación), produciendo un bosón de Higgs (H), el cual no estaba dentro del protón antes de eso (como consecuencia de no estar excitado el campo del mismo nombre).

A su vez, el bosón de Higgs puede desexcitarse, excitando el campo del bosón W (que tampoco estaba dentro del protón como "partícula", aunque sí como campo), produciendo un triángulo de 3 bosones W, que a su vez se desexcita por medio de excitar al campo electromagnético protónico produciendo un par de fotones (γ), que no estaban en los protones aunque sí su campo. Por tanto, la colisión de 2 protones (o mejor de 2 gluones) da como resultado la formación de 2 fotones que se observan como un "pico", asociado a la producción intermedia de un bosón de Higgs con cierta masa.

Habitualmente, no se usa este lenguaje porque es muy engorroso; y se describe todo usando el concepto de "partículas", en un diagrama de Feynman:



Paradojas cuánticas.

En una región del espacio tan pequeña como la ocupada por un protón, o tan extensa como la ocupada por una galaxia, cohabitan campos cuánticos. Da la impresión de que todos ellos se interpenetran, de manera que cada cual permea a los otros. Esto constituye una asombrosa visión surrealista, o superrealista, de la realidad. Pero es en esta visión en donde la física contemporánea puede moverse con más

soltura que nunca, logrando explicar insuperables paradojas de antaño. Sin embargo, también es cierto que el horizonte de esta nueva física se complica exponencialmente, ya que por cada respuesta aparecen multitud de preguntas advenedizas.

Parece que, para salir al paso del problema de la pluralidad de campos supuestamente ubicados en un mismo espacio cósmico, desde hace algún tiempo se han producido intentonas de unificación de todos los campos cuánticos en uno solo. Einstein trabajó los últimos años de su vida en esta tarea, sin conseguir resultados. Pretendía lograr la unificación del electromagnetismo (campo electromagnético) con la gravedad (campo gravitatorio), pues en sus días se desconocía la existencia de las fuerzas débil y fuerte y sus dos campos asociados.

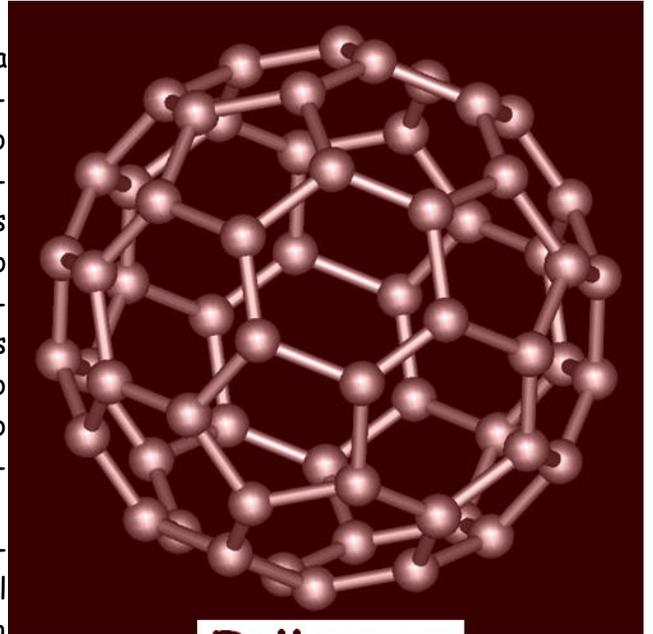
Actualmente, avances en otros campos de la física o de otras ciencias han interactuado más o menos eficazmente con la teoría cuántica de campos para el adelanto de la misma. Por ejemplo, el experimento de la "doble rendija" ha sido realizado con fotones, electrones, neutrones e incluso fullerenos. Con partículas fundamentales, como los fotones y los electrones, la explicación del experimento utilizando campos cuánticos parece muy clara, pues sigue punto por punto la descripción mediante ondas. Pero ¿cómo se pueden interpretar estos fenómenos en el caso de una macromolécula, como un fullereno, tomada en conjunto y utilizando la teoría de los campos cuánticos?

El "fullereno", muy estudiado en química, es la tercera forma molecular más estable del carbono, tras el grafito y el diamante. La primera vez que se encontró un fullereno fue en 1985. Su naturaleza y forma se han hecho ampliamente conocidas en la ciencia y en la cultura en general, por sus características físicas, químicas, matemáticas y estéticas. Se destaca tanto por su versatilidad para la síntesis de nuevos compuestos como por la armonía de la configuración de las moléculas, con hexágonos y pentágonos. Se presenta en forma de esferas, elipsoides o cilindros. Los fullerenos esféricos reciben a menudo el nombre de "buckyesferas" (como el de la figura adjunta, con 60 átomos de carbono), y los cilíndricos reciben el nombre de "buckytubos" o "nanotubos".

Hasta fechas recientes no hemos empezado a entender cómo un protón está formado por quarks y gluones, y que la interpretación correcta de una "molécula" no es otra que un conjunto de excitaciones de campos en interacción mutua. Un fullereno es verdaderamente una gigantesca constelación de campos cuánticos excitados, como si se tratara de una monumental sinfonía de innumerables ondas de energía (en forma de pulsos) que se desplazan sobre un medio o sustrato completamente desconocido, el cual se ha logrado atisbar con extrema precariedad mediante la acertada introducción del concepto de "campo cuántico".

La "física de partículas" de hoy se denomina "teoría cuántica de campos", porque los físicos piensan que las "partículas" no son los objetos fundamentales de nuestro universo, sino únicamente fenómenos derivados de la actividad energética acaecida sobre los "campos" y malinterpretados al asignárseles una solidez o corporeidad que realmente no tienen. Los campos cuánticos son los objetos fundamentales, de los que derivan las partículas o pulsos perturbatorios de un medio universal.

Una "partícula" es una fluctuación localizada de un campo cuántico, pero hay fluctuaciones localizadas de campos cuánticos que no son "partículas"; no, al menos en nuestro universo. Incluso el "vacío" corresponde a fluctuaciones del campo. El "principio de incertidumbre" de la mecánica cuántica afirma que en regiones muy pequeñas del espacio todos los campos se encuentran fluctuando de forma continua y anárquica. El vacío no está vacío, pues el espacio vacío está ocupado por campos. El vacío del campo electromagnético es el estado del campo en el que no tenemos constancia de que exista ninguna partícula



Fullereno

(las "partículas" del campo electromagnético se llaman "fotones", y son las partículas de la luz), pero dicho campo fluctúa de forma constante y los físicos han sido capaces de diseñar experimentos para verificar la existencia de este vacío cuántico del campo (gracias al efecto de Casimir o al efecto de Lamb, sobre los cuales no es conveniente entrar ahora en detalles). Y las fluctuaciones del campo en el estado del "vacío" no paran nunca, son permanentes.

Tanto lo que en nuestro mundo se percibe como el "vacío", o lo que se tiene como "partículas", no son más que "fluctuaciones" (agitaciones u oscilaciones) de un "campo cuántico", por lo que cabe la pregunta: ¿cuándo las fluctuaciones de un campo cuántico corresponden a una partícula o a un vacío?



Idealización de las fluctuaciones cuánticas del vacío

Para saber si una fluctuación de un campo, localizada en cierta región del espacio alrededor de un punto, corresponde a una partícula elemental situada en dicho punto, hay que recurrir a la famosa fórmula de Einstein: $E=mc^2$. Dicha fórmula, adaptada a la teoría de campos, hace que los físicos de partículas fundamentales prefieran escribirla así: $E^2=(mc^2)^2+(pc)^2$; donde m representa la masa de las partículas del campo, E es la energía contenida en la fluctuación, p es el momento lineal (o cantidad de movimiento) de la partícula (que, en física clásica o newtoniana, corresponde a la masa por la velocidad: $p=mv$) y c es la velocidad constante de la luz. La masa m hay que concebirla, en la nueva física, como una propiedad que tiene el campo. Por lo tanto, si se cumple esta ecuación, diremos que la "fluctuación del campo" es una "partícula", que se mueve con una velocidad p/m y posee una energía E . Los físicos afirman que esta fluctuación cuántica del campo, que satisface la ecuación (clásica) relativista de Einstein $E=mc^2$, es una partícula "on-shell" (dentro del cascarón).

Por supuesto, hay fluctuaciones del campo cuántico que no cumplen la ecuación $E=mc^2$ y, consecuentemente, no pueden ser llamadas "partículas on-shell". A dichas fluctuaciones se las denomina entonces partículas "off-shell" (fuera del cascarón), aunque es más habitual llamarlas "partículas virtuales". Se da la denominación de "partículas" a las "partículas virtuales" porque, aunque no son "partículas" en el sentido clásico del término, su interacción con las "partículas clásicas" (campos cuánticos excitados) puede transformarlas en "partículas" clásicas (esto es, pueden pasar de ser "fluctuaciones off-shell" a "fluctuaciones on-shell").

El término "virtual", aquí empleado, se refiere a que las "fluctuaciones off-shell" no son observables de forma directa: se puede detectar una "partícula" (fluctuación on-shell), pero no una "partícula virtual" (fluctuación off-shell). Muchos físicos teóricos se inclinan a interpretar las "fluctuaciones del vacío" como fluctuaciones de partículas "off-shell o virtuales". Aún no se han descubierto "fluctuaciones de los campos" que no sean "partículas" (on-shell), "partículas virtuales" (off-shell) o "vacío" (fluctuaciones o partículas de otra índole, para otros teóricos). Pero hay bastantes físicos que piensan que la existencia teórica de "fluctuaciones de los campos" que no son partículas on-shell ni of-shell (como los "instantones", "monopolos" y otras "soluciones no lineales", que han sido observados en "física del estado sólido", aunque no a nivel fundamental) quizás algún día se descubran, y todo ello, en conjunto, apoya la idea de que los campos son más fundamentales que las partículas.

En definitiva, los datos experimentales se pueden explicar en términos de campos cuánticos y sus excitaciones, pero no se pueden explicar en términos de partículas. Por lo tanto, las entidades físicas fundamentales son los "campos cuánticos" y no las "partículas". Los "campos cuánticos" se pueden considerar como una propiedad del mismo "espacio", que constituye una entidad compacta que se extiende por todo el Universo. Las "excitaciones de dichos campos" son lo que entendemos como "partículas", y son estas "excitaciones" las que "vemos" desplazarse por el espacio a una velocidad máxima de "c".

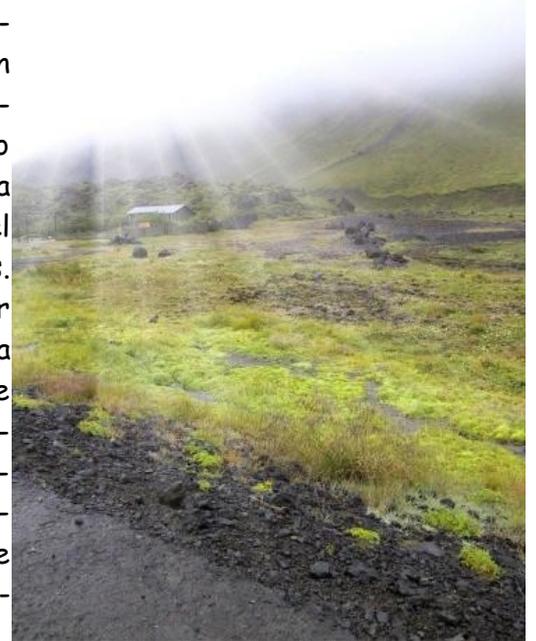
La nueva física, la no clásica, comenzó con la teoría de la relatividad y la primitiva mecánica cuántica. Pronto se vio que la relatividad y la mecánica cuántica eran sendas teorías incompatibles a los ojos de los teóricos, pues la primera era aplicable sólo al macrocosmos y la segunda sólo al microcosmos. Así, pues, la "mecánica cuántica" primitiva era una teoría no relativista: bien llamada "mecánica cuántica no

relativista". Sin embargo, a lo largo del siglo XX se hicieron enormes esfuerzos por aunar ambas teorías, sin grandes progresos al principio. Pero hacia el final de ese siglo se produjeron resultados prometedores, que desembocaron en una "mecánica cuántica relativista", la cual obtuvo un terreno teórico tomado de la intersección de conceptos pertenecientes a ambas teorías, es decir, la fusión de elementos relativistas y elementos cuánticos. La actual mecánica cuántica es una "mecánica cuántica relativista", de cuyo seno está brotando una "teoría cuántica de campos" (o "teoría de campos cuánticos") que da la impresión de querer convertirse en el paradigma dominante de la física teórica del futuro inmediato.

El experimento de la "doble rendija", desde la óptica de la mecánica cuántica primitiva o no relativista, conduce a una paradoja: la dualidad onda-corpúsculo. Ésta ha resultado ser una paradoja persistente en dicha teoría, pero deja de serlo en la teoría cuántica de campos. Hagamos un poco de historia sobre este fenómeno.

Una de las incógnitas más antiguas en la historia de la ciencia está relacionada con la luz: ¿qué es exactamente? ¿Cuál es su naturaleza?

A primera vista puede parecer que la luz viaja en línea recta y se podría interpretar su comportamiento como el propio de un haz de partículas, que se desplazan radialmente a partir de un foco lumínico (tal como los radios de la rueda de una bicicleta), por lo que proponer que sea una onda, como las olas del mar, no encajaría en absoluto con la apariencia del fenómeno. Esto se debe a que el comportamiento de las ondas es muy diferente al de las partículas. Las ondas presentan unos picos y unos valles. Si quisiéramos sumar dos ondas y sus picos coincidieran entre sí, tendríamos una onda con picos más altos y valles más bajos; pero si las sumásemos de forma que el pico de una coincidiese con el valle de la otra, entonces se anularían. Es decir, dos ondas pueden interactuar y desaparecer, algo impensable para las partículas (o bien hay una partícula, o hay dos, pero en ningún momento una partícula que choque con otra hará que las dos desaparezcan); y a este fenómeno ondulatorio se le conoce con el nombre de "interferencia".



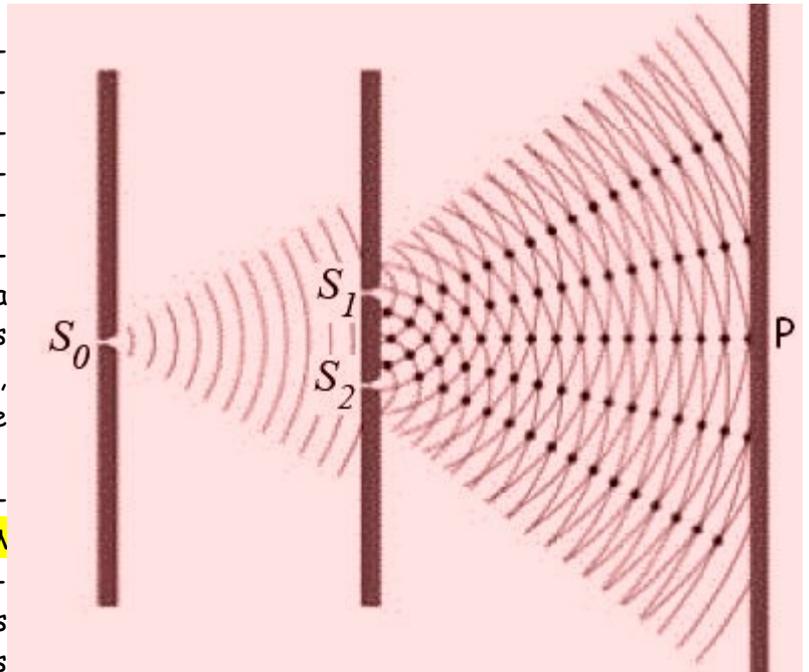
Newton, con la autoridad que le proporcionó el éxito de su ley de la Gravitación Universal, se atrevió a afirmar de forma tajante que la luz es corpuscular (partículas de luz). Se opuso violentamente a la naturaleza ondulatoria de la luz, ya que no veía cómo se podía explicar con ella la propagación rectilínea de la misma. Por otra parte, Christian Huygens defendía la naturaleza ondulatoria de la luz.

Lo interesante es que las teorías de ambos científicos explicaban perfectamente la reflexión y refracción de la luz, pero diferían en una cosa: la teoría corpuscular predecía que las partículas de luz se acelerarían al pasar por un material óptico de mayor densidad, mientras que la teoría ondulatoria vaticinaba que sucedería todo lo contrario (las ondas se propagan a menor velocidad en los materiales ópticos de mayor densidad). Sin embargo, semejantes pronósticos no eran comprobables en aquella época. De todas formas, debido a la influencia de Newton y a la poca habilidad de Huygens para desarrollar matemáticamente su propuesta, la teoría ondulatoria quedó descartada durante un siglo.

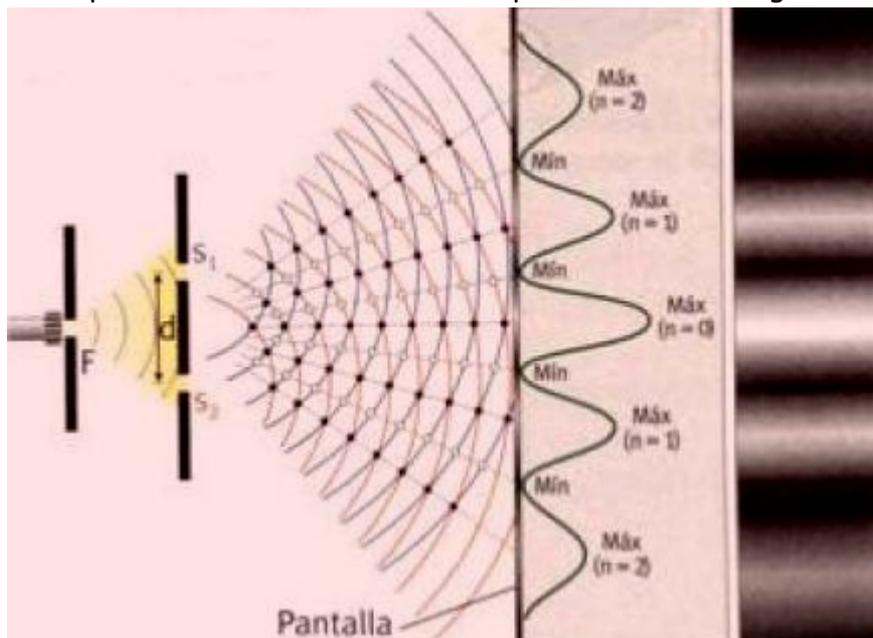
Fue entonces cuando apareció Thomas Young, quien con tan sólo catorce años hablaba latín, hebreo, samaritano, caldeo, árabe, sirio, francés, italiano, persa, turco y etíope. Estudió medicina en Cambridge; investigó el funcionamiento del ojo humano, estableciendo que existían tres tipos de receptores, cada uno de ellos sensibles a uno de los colores primarios; y un largo etcétera. En 1801 realizó su tan relevante experimento de la "doble rendija", que ha pasado a la historia de la ciencia con el nombre de "experimento de Young".

Thomas Young (1773-1829), con su importante experimento de la "doble rendija", permitió obtener evidencias claras de la naturaleza ondulatoria de la luz, e incluso pudo medir ciertas longitudes de onda para luz visible. En la imagen que encabeza la página siguiente, podemos ver un dibujo que ilustra el

famoso experimento, mediante el que el científico pudo comprobar un patrón de interferencias en la luz procedente de una fuente lejana (luz solar) al difractarse ésta tras el paso por dos rendijas. Young hizo que la luz atravesara una rendija muy estrecha, practicada en una persiana, S_0 . Este haz de luz incidía sobre una pantalla opaca, en la que había dos rendijas muy estrechas y cercanas entre sí, S_1 y S_2 . Veamos cómo se produce el patrón de interferencia sobre la pantalla P:



Suponemos que las ondas que atraviesan las rendijas tienen una longitud de onda λ y están separadas, unas de otras, por una distancia d . Al atravesar las rendijas S_1 y S_2 , las ondas se dispersan en todas direcciones. Las que llegan al centro de la pantalla habrán recorrido la misma distancia, por lo que están en fase: la cresta de una onda llega al mismo tiempo que la cresta de otra onda. Se forma entonces una interferencia constructiva y las amplitudes de ambas ondas se suman. El resultado de esta interferencia constructiva es un área brillante en el centro de la pantalla. La interferencia constructiva también ocurrirá cuando las trayectorias de los dos rayos luminosos difieran en una longitud de onda completa λ (o en cualquier número entero de longitudes de onda, es decir, $n\lambda$, siendo n un número entero positivo o natural). Por su parte, las interferencias destructivas ocurrirán cuando un rayo recorra una distancia adicional de media longitud de onda $\frac{1}{2}\lambda$, o bien $(n+\frac{1}{2})\lambda$, siendo n un número natural. En este caso, las ondas estarían totalmente fuera de fase al llegar a la pantalla: la cresta de una onda coincidiría con el valle de otra. Entonces, al sumar las amplitudes de onda, daría como resultado una amplitud cero. Se forma así una interferencia destructiva y en la pantalla se ve una franja oscura. El patrón de interferencia que se ve en la pantalla P está formado, entonces, por una sucesión de líneas brillantes y oscuras. La siguiente imagen muestra cómo aparece el patrón de interferencia del experimento de Young en la pantalla de visualización P:



De acuerdo con la física clásica, existen diferencias irreconciliables entre onda y partícula. Una partícula ocupa un lugar en el espacio, puede variar su velocidad en el medio y tiene masa, mientras que una onda se extiende en el espacio, se caracteriza por tener una velocidad definida en el medio y posee masa nula.

En 1905, Einstein logró una notable explicación del efecto fotoeléctrico, como ya se ha comentado antes. Éste había resultado ser un fenómeno bastante preocupante, pues la teoría ondulatoria clásica era incapaz de explicarlo. Pero Einstein lo hizo postulando la existencia de fotones, o cuantos de luz con propiedades de partículas.

En el efecto fotoeléctrico se observaba que si un haz de luz incidía en una placa de metal, producía electricidad en el circuito. Presumiblemente, la luz liberaba los electrones del metal, provocando su flujo. Sin embargo, mientras que una luz azul débil era suficiente para provocar este efecto, la más fuerte e intensa luz roja no lo provocaba.

De acuerdo con la teoría ondulatoria, clásica, la fuerza o amplitud de la luz se hallaba en proporción con su brillantez: La luz más brillante debería ser más que suficiente para crear el paso de electrones por el circuito. Sin embargo, extrañamente, no lo producía.

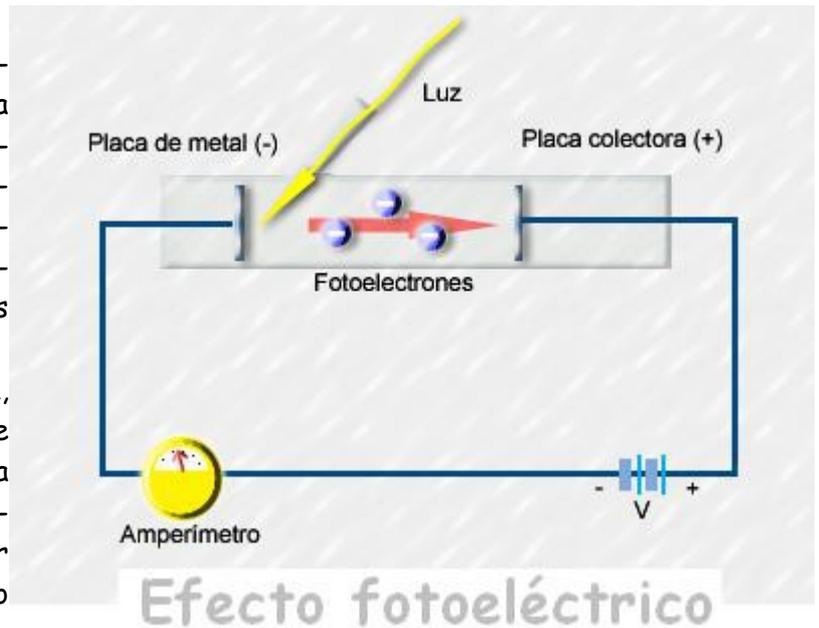
Einstein llegó a la conclusión de que los electrones eran expelidos fuera del metal por la incidencia de fotones. Cada fotón individual acarrea una cantidad de energía E , que se encontraba relacionada con la frecuencia ν de la luz, mediante la siguiente ecuación: $E = h\nu$, donde h es la constante de Planck (cuyo valor es 6.626×10^{-34} J·s). Sólo los fotones con una frecuencia alta (por encima de un valor umbral específico) podían provocar la corriente de electrones. Por ejemplo, la luz azul emitía unos fotones con una energía suficiente para arrancar los electrones del metal, mientras que la luz roja no. Una luz más intensa por encima del umbral mínimo puede arrancar más electrones, pero ninguna cantidad de luz por debajo del mismo podrá arrancar uno solo, por muy intenso que sea su brillo. Einstein ganó el Premio Nobel de Física en 1921, por su teoría del efecto fotoeléctrico.

Albert Einstein proponía, de esta forma, que en determinados procesos las ondas electromagnéticas que forman la luz se comportan como corpúsculos. Entonces, el físico francés Louis-Victor de Broglie (1892-1987) se preguntó por qué no podría ser también de manera inversa, es decir, que una partícula material (un corpúsculo) pudiese mostrar el mismo comportamiento que una onda. Por consiguiente, en 1924, De Broglie formuló una hipótesis en la que afirmaba lo siguiente: "Toda la materia presenta características tanto ondulatorias como corpusculares, comportándose de uno u otro modo dependiendo del experimento específico".

El físico francés relacionó la longitud de onda, λ (lambda), con el momento lineal p de la partícula, mediante la fórmula: $\lambda = h/p$, con $p = mv$, donde λ es la longitud de la onda asociada a la partícula de masa m , que se mueve a una velocidad v , y h es la constante de Planck. Viendo la fórmula, se aprecia fácilmente, que a medida que la masa del cuerpo o su velocidad aumenta, disminuye considerablemente la longitud de onda.

Esta hipótesis se confirmó tres años después para los electrones, con la observación de los resultados del experimento de la doble rendija de Young en la difracción de electrones en dos investigaciones independientes. En la Universidad de Aberdeen, George Paget Thomson pasó un haz de electrones a través de una delgada placa de metal y observó los diferentes esquemas predichos. En los Laboratorios Bell, Clinton Joseph Davisson y Lester Halbert Germer guiaron su haz a través de una celda cristalina.

La ecuación de De Broglie se puede aplicar a toda la materia. Los cuerpos macroscópicos, también tendrían asociada una onda, pero, dado que su masa es muy grande, la longitud de onda resulta tan pequeña que en ellos se hace imposible apreciar sus características ondulatorias. De Broglie recibió el Pre-



mio Nobel de Física en 1929 por esta hipótesis. Thomson y Davisson compartieron el Nobel de 1937, por su trabajo experimental.

Similares experimentos fueron repetidos con neutrones y protones, el más famoso de ellos realizado por Estermann y Otto Stern en 1929. Experimentos más recientes, efectuados con átomos y moléculas, demostraron que éstos actúan también como ondas. En 1999, se informó de la difracción del fullereno, que es un objeto masivo, con una masa atómica de 720; hasta el año 2005, éste ha sido el mayor objeto sobre el que se han observado propiedades ondulatorias mecano-cuánticas de manera directa. La interpretación de dichos experimentos aún puede crear controversia, especialmente si se asumen los argumentos de la dualidad onda-corpúsculo y la validez de la ecuación de De Broglie en su formulación, esto es, en el marco teórico de la mecánica cuántica primitiva (no relativista).

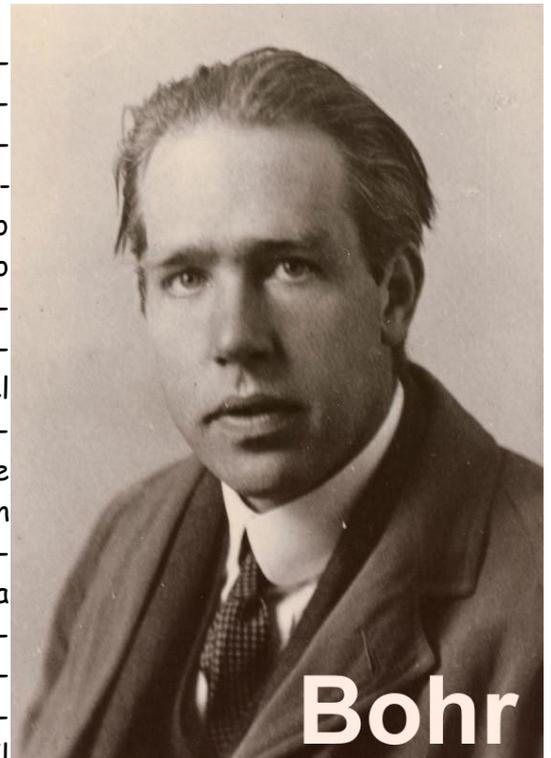
Basándose en el planteamiento de De Broglie, de la dualidad onda-partícula, la mecánica cuántica moderna no relativista comenzó a tomar forma en 1925, cuando los físicos alemanes Werner Heisenberg y Max Born desarrollaron la "mecánica matricial" y el físico austríaco Erwin Schrödinger creó la "mecánica de ondas" y la "ecuación de Schrödinger no relativista" como una aproximación al caso generalizado de la teoría de De Broglie. Schrödinger, posteriormente, demostró que ambos enfoques (mecánica matricial y mecánica de ondas o mecánica ondulatoria) eran equivalentes.

Werner Karl Heisenberg (1901-1976), famoso físico alemán y premio Nobel en 1932, creador de la "mecánica de matrices" (mecánica matricial) en 1925, hizo una gran contribución fundamental al establecimiento de la "mecánica cuántica" (no relativista) con la formulación de su famoso "principio de incertidumbre" (o "principio de indeterminación") en 1927. Este principio afirma que es imposible medir simultáneamente, de forma precisa, la posición y el momento lineal (cantidad de movimiento) de una partícula. Dicho principio ha ejercido una profunda influencia en la física y en la filosofía del siglo XX.

El descubrimiento de que nuestro universo a nivel microscópico se fundamenta sobre una realidad cuántica, incentivó a los científicos y también a los filósofos a emitir conjeturas e interpretaciones. En el pródigo año (para la física) de 1927, el danés Niels Bohr (1885-1962), con ayuda de Max Born y Werner Heisenberg, entre otros (durante una conferencia realizada en Como, Italia), formuló una interpretación de la mecánica cuántica que posteriormente ha llegado a conocerse con el nombre de "interpretación de Copenhague" (en alusión a la ciudad donde residía Bohr).

La interpretación de Copenhague incorpora, pues, el principio de incertidumbre, el cual establece, como ya se ha comentado, que no se puede conocer simultáneamente con absoluta precisión la posición y el momento (cantidad de movimiento) de una partícula. La interpretación de Copenhague, también, señala el hecho de que el principio de incertidumbre no opera en el mismo sentido hacia atrás y hacia delante en el tiempo. Muy pocos hechos en física tienen en cuenta la forma en que fluye el tiempo, y éste es uno de los problemas fundamentales a la hora de comprender el funcionamiento del Universo, donde ciertamente hay una distinción entre el pasado y el futuro. Las relaciones de incertidumbre de Heisenberg, según la interpretación de Copenhague, indican que no es posible conocer la posición y el momento simultáneamente, y, consiguientemente, no es posible predecir el futuro, ya que, en palabras de Heisenberg: "no podemos conocer, por principio, el presente en todos sus detalles". Pero es posible, de acuerdo con las leyes de la mecánica cuántica, conocer cuál era la posición y el momento de una partícula en un instante del pasado. El futuro es esencialmente impredecible e incierto, mientras que el pasado está completamente definido. Por lo tanto, nos movemos de un pasado definido a un futuro incierto.

Bohr expresó, en la interpretación de Copenhague, lo que se conoce como el "principio de comple-



mentariedad", que establece que ambas descripciones, la ondulatoria y la corpuscular, son necesarias para comprender el mundo cuántico. Bohr también señaló, en la conferencia de Como, Italia, que mientras en la física clásica un sistema de partículas direccionadas funciona como un aparato de relojería, independientemente de que sean observadas o no, en física cuántica el observador interactúa con el sistema en tal medida que el sistema no puede considerarse con una existencia independiente del observador.

Además, según la interpretación de Copenhague, toda la información experimental la constituyen los resultados de laboratorio. Se puede observar un átomo y ver un electrón en el estado de energía A, después volver a observar y ver un electrón en el estado de energía B. Se supone que el electrón saltó de A a B, quizás a causa de la observación. De hecho, no se puede asegurar siquiera de que se trate del mismo electrón, y no se puede hacer ninguna hipótesis de lo que ocurría cuando no se observaba. Lo que se puede deducir de los experimentos, o de las ecuaciones de la mecánica cuántica, es la probabilidad de que si al observar el sistema se obtiene el resultado A, otra observación posterior proporcione el resultado B. Nada se puede afirmar de lo que pasa cuando no se practica observación alguna, ni de cómo pasa el sistema del estado A al B.

Después de esto, Einstein y muchos otros físicos se negaron a aceptar esta interpretación de la mecánica cuántica, presentando varias críticas en su contra. No obstante, Einstein y Bohr eran buenos amigos. Ambos se encontraron por vez primera durante una visita del danés a Berlín en junio de 1920, y se vieron por última vez en abril de 1954, en Princeton, EE.UU. La relación entre ellos fue estrecha y de gran afecto, así como de aprecio mutuo. Sin proponérselo, a resultas de la conferencia de Bohr en Como, entablaron una polémica acerca de la manera correcta de interpretar la mecánica cuántica que se prolongó hasta la muerte de Einstein en 1955 y que fue excelentemente documentada por Bohr. A pesar de la importancia y seriedad que este debate tuvo para el danés, no obstante, en la víspera de su muerte, acaecida 7 años después de la de Einstein, hizo memoria, con cariño, de su fallecido amigo y creador de la teoría de la relatividad.

Einstein fue uno de los científicos más decisivos en el desarrollo de la teoría cuántica; no sólo porque su trabajo sobre el efecto fotoeléctrico cobró vital importancia, sino porque junto con el indio Bose, por ejemplo, comenzó la primera teoría estadística en la que los gases recibían un tratamiento puramente cuántico. Y es que Einstein fue un gran físico estadístico, que también aplicaría la estadística a sistemas cuánticos para sentar las bases teóricas que llevarían a la construcción del láser. Pero el carácter probabilístico (o indeterminista) que se había instaurando en la teoría cuántica como consecuencia de la inter-



El debate entre Bohr y Einstein

pretación de Copenhague, le llevó a expresar sus reticencias. Nunca aceptó que una teoría que predijera que la posición de un electrón en un instante dado no proporciona un resultado único, sino sólo cierta probabilidad de encontrarlo en determinado lugar y en determinado instante. Esto, para él, no representaba una descripción de la naturaleza aceptable, ni que una tal teoría probabilística pudiera considerarse completa. Einstein, que era determinista, no conseguía admitir que fuera necesario renunciar a la certidumbre, por lo que solía afirmar: "Dios no juega a los dados con el universo"; a lo cual, Bohr le llegó a contestar: "Einstein, deje usted de decirle a Dios lo que tiene que hacer con sus dados".

En la mecánica cuántica, muchos teóricos se replantearon las bases epistemológicas del proceso de medida (o de captación de datos) y concluyeron que dicho proceso siempre tiene un efecto sobre el objeto observado o medido, de forma que es inútil atribuir propiedades a un sistema cuántico aislado: las propiedades físicas reales son poseídas sólo por el sistema formado por el objeto microscópico y el

instrumento de medida. Esto, más o menos, es lo que nos venía a decir la "interpretación de Copenhague". La "complementariedad", o el hecho de que una medida destruya en general todo conocimiento de alguna otra propiedad de un sistema cuántico, y el "indeterminismo", fueron tratados por Niels Bohr como aspectos fundamentales de la naturaleza; además, no podemos atribuir propiedades al objeto a menos que hayan sido medidas. Entonces, podríamos preguntarnos cómo sabemos que existe un objeto cuántico en ausencia de toda medida: la respuesta es, según la interpretación de Copenhague, que no lo sabemos.

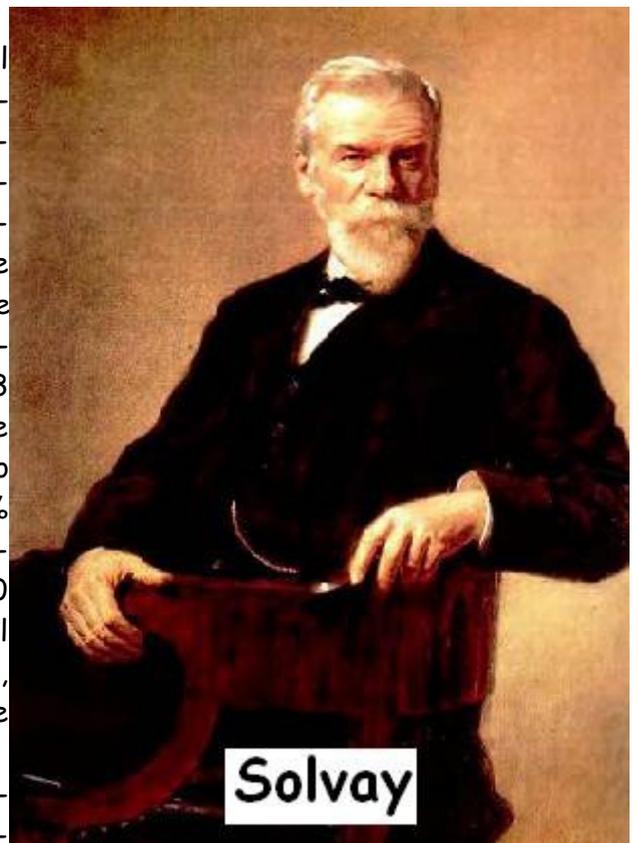
Un sencillo ejemplo nos ayudará, pues, a entender el "principio de complementariedad". Supongamos que queremos medir la temperatura (obtención de un dato termológico) de una masa de agua en reposo, la cual está contenida en una piscina. Supongamos que utilizamos un pequeño termómetro, cuya interacción con el sistema acuoso (a medir) es despreciable; y supongamos, a su vez, que obtenemos 15°C . Es evidente que, en este caso, es permisible ignorar la acción del termómetro sobre el agua y considerar sólo la masa de agua como sistema a medir, en independencia del termómetro. Éste sería el caso de la medición de fenómenos en el campo de la física macroscópica, o clásica.

Sin embargo, al acercarnos a la física microscópica, a la teoría cuántica, los fenómenos a medir son igualmente microscópicos. Sería algo similar a usar el termómetro del ejemplo anterior para medir la temperatura de una masa de agua con un volumen igual o menor al que ocupa el termómetro. Por ejemplo, al tomar la temperatura del agua contenida en un pequeño tubito de ensayo. Aquí, obviamente, no se puede despreciar la acción térmica del termómetro sobre el agua y habría que aplicar sin falta el "principio de complementariedad". Sería necesario considerar que el objeto a medir (agua) y el instrumento de medida (termómetro) forman un solo sistema indisoluble, desde el punto de vista métrico o de toma de datos.

En este último caso, si antes de tomar la temperatura del objeto, o antes de efectuar la medición termológica de la pequeña masa de agua, ésta tenía 20°C , bien pudiera suceder que, después de introducirle el termómetro y estar éste a 10°C , la medición arroje un resultado de 14°C (a causa de la interacción térmica entre el agua y el termómetro). Pues bien, algo parecido a esto es lo que sucede a la hora de recabar datos experimentales en mecánica cuántica, según la interpretación de Copenhague.

Ernest Solvay (1838-1922) fue un químico industrial belga, autodidacta. Una enfermedad (pleuritis tuberculosa) le impidió ir a la universidad, por lo que comenzó a trabajar en la industria química de la fábrica de su tío a la edad de 21 años. Ideó varios métodos de purificación de gases, pero se le conoce principalmente por el desarrollo de un método para la producción de carbonato sódico (sosa) que mejoraba considerablemente el existente. Adquirió su primera patente para la producción de sosa en 1861. En 1863 construyó su primera fábrica en Couillet, donde terminó de perfeccionar su método en 1872. En 1890 ya había fundado empresas en diversos países extranjeros, y en 1900 el 95% de la crecida producción mundial de sosa provenía del proceso "Solvay". Hoy en día siguen operativas cerca de 70 fábricas que lo emplean. La sosa es un componente esencial en numerosas aplicaciones industriales, como, por ejemplo, la fabricación del vidrio, la metalurgia o la fabricación de detergentes.

Este éxito le reportó a Solvay una riqueza considerable, la cual usó para diversos propósitos filántropos, incluyendo la fundación de varios institutos internacionales de investigación científica en fisiología (1893), sociología (Universidad de Bruselas, 1902), física (1912) y química (1913). Las conferencias sobre física



de Solvay eran particularmente reconocidas por su papel en el desarrollo de las teorías de la mecánica cuántica y la estructura atómica. Al mismo tiempo, tomó iniciativas sociales, siendo un precursor del reconocimiento de los derechos laborales en sus industrias, donde inició un sistema de seguridad social inexistente en la época: una pensión para los trabajadores desde 1899, limitaciones al horario de trabajo y jornada de 8 horas desde 1908, la instauración de vacaciones pagadas desde 1913 y una especie de reciclaje profesional.

En 1911 fue el promotor de una importante conferencia científica, el denominado Congreso Solvay, donde estuvieron algunos de los físicos más importantes de la época, como Albert Einstein, Ernest Rutherford, Max Planck y Marie Curie, entre otros, todos ellos investigadores vanguardistas de la radiación, la mecánica cuántica y el modelo atómico. Después del éxito de esta primera conferencia, se produjeron otras cada tres años, en las que asistieron otros importantes científicos como Niels Bohr y Werner Heisenberg, entre muchos otros. La conferencia más importante de todas fue la quinta, celebrada en 1927 en Bruselas.

En octubre de 1927 se efectuó el 5º Congreso Solvay, en Bruselas, al que asistieron todos los elaboradores de la teoría cuántica: Planck, Einstein, Bohr, Heisenberg, Born, De Broglie, Schrödinger, Dirac y Pauli, así como muchas de las grandes figuras de la física de la época, como Madame Curie, Lorentz, Ehrenfest, W.L. Bragg, Debye, Compton, etc. Aquí fue donde se inició el gran debate, después que Einstein señalara públicamente su objeción a la teoría recién propuesta (la mecánica cuántica no relativista, según la interpretación de Copenhague); más aún, fuera de las sesiones, el creador de la teoría de la relatividad mantuvo continuas discusiones, especialmente con Bohr, que mostraban su completa insatisfacción con la teoría defendida por el grupo de Copenhague. Los jóvenes físicos contestatarios no se esperaban esa reacción en contra, pues acababan de ponerse de acuerdo tras varios años de discusiones entre ellos mismos, y ahora tenían la ilusión de que el congreso de Bruselas les facilitara la oportunidad de exponer los resultados de los que, en razón a su ardua tarea, se sentían especialmente orgullosos. Suponían a priori que habría alguna clase de resistencia por parte de Einstein, pero confiaban en poder convencerlo. No obstante, la empresa se les reveló mucho más difícil de lo previsto y consecuentemente se sintieron un tanto decepcionados. Einstein puso varias objeciones, y éstas les obligaron a refinar sus razonamientos. Se cuenta que los argumentos que Einstein presentaba contra la nueva teoría durante la cena eran desbaratados a la mañana siguiente en el desayuno, por Bohr, quien se había pasado toda la noche reflexionando.



El siguiente congreso Solvay fue organizado en 1930, y allí Einstein discutió uno de sus famosos "gedanken experiment" (experimento mental), con el que intentó demostrar que es posible, en principio, violar las relaciones de Heisenberg; pero al día siguiente, Bohr hizo ver que si se toman en cuenta los

efectos característicos de la teoría general de la relatividad desaparecía tal violación y se recuperaba la descripción cuántica. A partir de ese momento, Einstein aceptó expresamente la consistencia lógica de la mecánica cuántica propuesta por el grupo de Copenhague, pero su fino instinto le impedía ceder ante esta teoría como si se tratara de una conclusión final, por lo que repetidamente señalaba que la misma únicamente recogía un pedazo de la verdad, y que estaba lejos de ser una teoría completa o definitiva.



La polémica continuó, pero cambió de forma, pues Einstein pronto se vería obligado a abandonar Alemania. En 1932, el Instituto de Estudios Avanzados que se estaba creando en Princeton, New Jersey, EEUU, le ofreció un puesto de profesor, para compartir su tiempo en partes iguales entre Berlín y Princeton. Einstein aceptó y en diciembre de ese mismo año partió para su primera estancia en Princeton. Semanas después, el 30 de enero de 1933, Hitler tomó el poder en Alemania y Einstein jamás volvería a pisar ese suelo. Su casa de verano, a las afueras de Berlín, fue registrada por la policía nazi en busca de supuestas armas del Partido Comunista. Entonces, para facilitar las cosas a sus amistades alemanas, Einstein renunció a su puesto en la Academia de Ciencias de Berlín.

Al terminar su estancia en Princeton, Einstein regresó por algunos meses a Europa, donde los reyes Alberto y Elizabeth de Bélgica, con quienes estableció estrecha amistad a través de los Congresos Solvay, le dieron hospedaje y protección. Recibió invitaciones de las universidades de Jerusalén, Leyden, Madrid, Oxford, París, etc. Aún en el viaje, Einstein hizo pronunciamientos políticos contra la guerra y por los intelectuales en exilio, y se dio tiempo también para publicar un par de trabajos científicos y dar conferencias. En breve regresó a Princeton, y ya no volvió a salir del país que en 1940 le otorgaría la plena ciudadanía estadounidense. En Princeton, Einstein inició una nueva vida, apacible y tranquila.

Allí instalado, y en colaboración con Boris Podolsky y su joven asistente Nathan Rosen, publicó un célebre trabajo en el que exponía la llamada "paradoja EPR", por las iniciales de sus tres signatarios (Einstein-Podolsky-Rosen). En dicho trabajo concluyó que si se adopta un punto de vista objetivo, claramente definido sobre la realidad física, entonces la mecánica cuántica es una teoría física incompleta, pues no puede contener todos los elementos de la realidad que son de interés para la descripción del sistema. En el artículo se demostraba que la física cuántica exige que se pueda medir a distancia una propiedad, tal como la polarización de un fotón, por medio de medir la polarización de otro fotón que haya interactuado antes con él. Dado que es inconcebible que esta medida pueda haber interferido con el objeto distante, se deduce que el fotón debe haber poseído la propiedad antes de que se realizase la medida. Como la propiedad puede ser modificada por el experimentador, regulando el aparato distante, el grupo EPR concluye que todas las propiedades físicas tienen que ser reales antes de ser medidas, en directa contradicción con la interpretación de Copenhague.

Veamos más de cerca la "paradoja EPR" y sus extrañas repercusiones posteriores, pero antes de eso describamos brevemente qué es un "experimento mental". Se trata de un recurso de la imaginación

empleado para investigar la naturaleza de las cosas, o un escenario hipotético que nos ayuda a comprender cierto razonamiento o algún aspecto de la realidad. En su acepción más básica, se suele emplear este método cotidianamente y con mucha frecuencia, como cuando uno intenta dar un consejo a alguien con la intención de ayudarlo a actuar con sensatez. Existe, en la sagrada escritura, un pasaje que narra la manera magistral en que Jesucristo corrigió una situación de desenfoque existencial usando una parábola (o ilustración), a modo de experimento mental: «Entonces uno de la muchedumbre le dijo: "Maestro, di a mi hermano que divida conmigo la herencia". Él le dijo: "Hombre, ¿quién me nombró juez o repartidor sobre vosotros?". Entonces les dijo: "Mantened abiertos los ojos y guardaos de toda suerte de codicia, porque hasta cuando uno tiene en abundancia, su vida no resulta de las cosas que posee". Con eso les habló una ilustración, y dijo: "El terreno de cierto hombre rico produjo bien. Por consiguiente, él razonaba dentro de sí, diciendo: '¿Qué haré, ya que no tengo dónde recoger mis cosechas?'. De modo que dijo: 'Haré esto: demoleré mis graneros y edificaré otros mayores, y allí recogeré todo mi grano y todas mis cosas buenas; y diré a mi alma: "Alma, tienes muchas cosas buenas almacenadas para muchos años; pásalo tranquila, come, bebe, goza"'. Pero Dios le dijo: 'Irrazonable, esta noche exigen de ti tu alma. Entonces, ¿quién ha de tener las cosas que almacenaste?'. Así pasa con el hombre que atesora para sí, pero no es rico para con Dios"» (Evangélio de Lucas, capítulo 12, versículos 13 a 21; Traducción del Nuevo Mundo de las Santas Escrituras, edición de 1987).



En lo que tiene que ver con la ciencia experimental, y sobre todo con la física, el siglo XVII fue testigo de la puesta en práctica de algunos experimentos mentales más brillantes de toda la historia. A este tipo de herramienta recurrieron Galileo, Descartes, Newton y Leibniz, con notable éxito. Y en nuestros tiempos, el surgimiento de la mecánica cuántica y la teoría de la relatividad es casi impensable sin el papel crucial jugado por los experimentos mentales. Pues bien, aquí, en este contexto, es donde entra en juego la denominada "paradoja EPR".

La paradoja de Einstein-Podolsky-Rosen, denominada "Paradoja EPR", consiste en un experimento mental propuesto por Albert Einstein, Boris Podolsky y Nathan Rosen en 1935. Es relevante históricamente, pues no sólo pone de manifiesto un problema aparente de la mecánica cuántica no relativista, sino que en las décadas siguientes se dedicaron múltiples esfuerzos a desarrollarla y resolverla con resultados inverosímiles y revolucionarios.

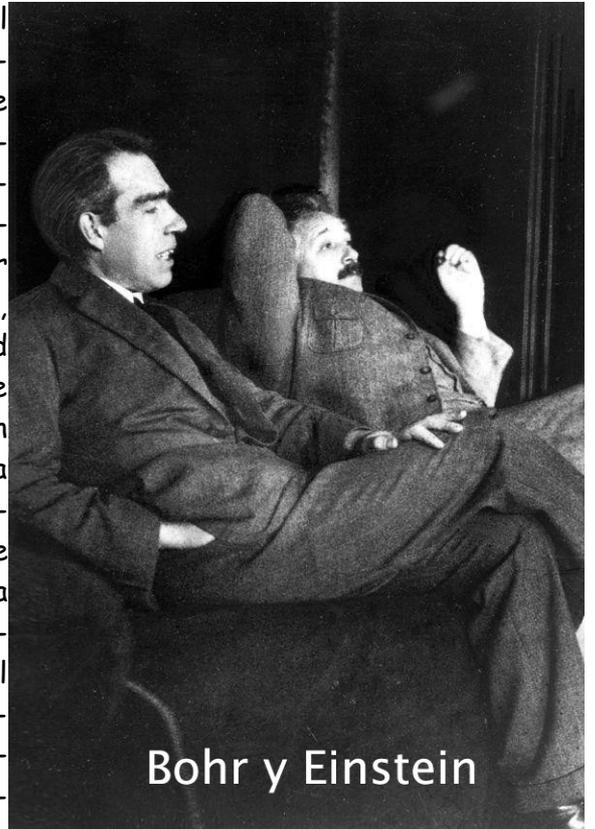
A partir de la formulación de la paradoja EPR, se fue gestando el extraño concepto de "entrelazamiento cuántico" como una propiedad predicha implícitamente por dicha paradoja. El término "entrelazamiento cuántico" fue introducido en 1935 por Erwin Schrödinger, para describir un fenómeno de la mecánica cuántica que se demuestra en los experimentos, aunque inicialmente no se comprendió bien la relevancia que éste llegaría a tener para la física teórica. Un conjunto de "partículas entrelazadas" no puede definirse como partículas individuales, con estados definidos, sino sólo como un sistema de partículas o entidad única con una función de onda igualmente única para todo el sistema.

En "entrelazamiento" es un fenómeno cuántico, sin equivalente en la física clásica, en el cual los estados cuánticos de dos o más objetos se deben describir mediante un estado único que involucra a todos los objetos del sistema, aún cuando los objetos estén separados espacialmente tanto como se quiera. Esto lleva a correlaciones entre las propiedades físicas observables; por ejemplo, es posible preparar (enlazar) dos partículas en un solo estado cuántico de espín nulo, de forma que cuando se observe que una gira hacia arriba, la otra automáticamente recibirá una "señal" y se mostrará como girando hacia abajo, pese a la imposibilidad de predecir, según los postulados de la mecánica cuántica, qué estado cuántico se observará.

Esas fuertes correlaciones cuánticas hacen que las medidas realizadas sobre un sistema parezcan estar influyendo instantáneamente en otros sistemas que están enlazados con él, y sugieren que alguna influencia se tendría que estar propagando instantáneamente entre los sistemas, a pesar de la se-

paración (eventualmente astronómica) entre ellos. No obstante, esto propiciaría que se pudiera transmitir información a una velocidad superior a la de la luz, mediante el entrelazamiento, violando así el principio relativista plenamente aceptado de que no se puede transmitir ninguna información útil a más velocidad que la de la luz. Además, sólo es posible la transmisión de información usando un conjunto de estados entrelazados en conjugación con un canal de información clásico, también llamado "teleportación cuántica"; mas, por necesitar de ese canal clásico, la información útil no podría superar la velocidad de la luz. Ciertamente, un callejón sin salida aparente, es decir, una paradoja en toda regla.

Después de propuesta públicamente la paradoja por el grupo EPR, Bohr se sintió obligado a responder, pues la paradoja venía adornada con una especie de aureola en forma de reto, o una embestida teórica, que, en palabras de León Rosenfeld, colaborador de Bohr: "fue un ataque violento que cayó sobre nosotros como una sorpresa desagradable". Entonces, echando a un lado las investigaciones sobre física nuclear que lo ocupaban, Bohr elaboró una larga y detallada respuesta, encaminada a mostrar que el punto de vista sobre la realidad física defendido por EPR era inaceptable desde el enfoque de la mecánica cuántica. El punto clave de la réplica estaba en que, en el ejemplo propuesto por el grupo EPR, el sistema cuántico está formado por dos fotones que no deben ser considerados como entidades separadas hasta después de que se haya hecho una medida para separarlos. Y aquí tenemos la idea central de la interpretación de Copenhague: Se puede considerar real a una cantidad sólo si ha sido medida o si está en el contexto de una medida en donde se puede predecir el resultado del experimento; y de ello se sigue que es posible cambiar las propiedades reales de un sistema cuántico si el experimentador reajusta su aparato.

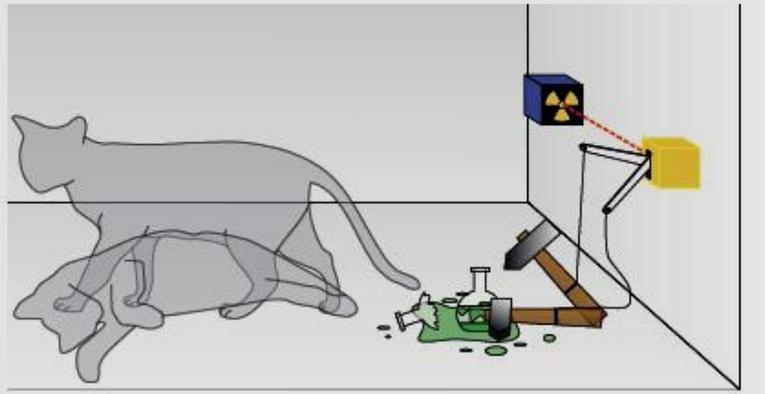


Einstein reaccionó a la respuesta de Bohr diciendo que su posición era lógicamente posible, pero "tan contraria a mi instinto científico que no puedo abandonar la búsqueda de una concepción más completa". Hasta finales del siglo XX, esa concepción buscada por Einstein no fue hallada y había que utilizar la interpretación de Copenhague como la mejor propuesta. Sin embargo, resulta que esta aceptación condujo a otro problema mayor, cuyas implicaciones conceptuales y filosóficas rebasaban con mucho lo discutido hasta el momento. Se trata de denominado "problema de la medida", que puede ilustrarse de manera bastante gráfica por medio del experimento mental conocido como "el gato de Schrödinger": este científico austriaco ejemplificó de manera elocuente los problemas que se plantean al considerar los efectos de la medida en un sistema cuántico basado en la interpretación dominante o de Copenhague.

La situación, o experimento mental, que se expone en la paradoja del "gato de Schrödinger" es la siguiente. En el interior de una caja tenemos una fuente de luz, un polarizador, un detector, un revólver cargado (o algún otro dispositivo letal) y un gato. La aguja del detector, que nos dice el estado de polarización del fotón, estará conectada al gatillo del revólver de tal modo que si detecta un fotón polarizado según la vertical el revólver disparará y matará al gato, pero si el fotón lo está según la horizontal el gato seguirá vivo. ¿Qué puede decir acerca del resultado un observador que esté fuera de la caja y que acepte la interpretación de Copenhague? Cabe presumir que no puede sacar ninguna conclusión relativa al estado del sistema hasta que éste haya sido medido, cosa que ocurre, por lo que a él se refiere, cuando la caja ha sido abierta y se ha observado el estado del gato (muerto o vivo). Es más, concluirá que, hasta que esta observación haya sido realizada, el gato estará en un estado de mezcla, ni vivo ni muerto. Esto puede parecer demasiado extraño, e incluso ridículo, para ser tomado en serio; pero la verdad es que el "entrelazamiento cuántico" que explica este fenómeno es la base de algunas aplicaciones punteras que se

están desarrollando actualmente, como la criptografía y la computación cuántica, e incluso la teleportación.

Algunas posibles soluciones planteadas a este dilema provienen de mentes que se consideran lúcidas y, al mismo tiempo, científicas. Por ejemplo, tenemos la "hipótesis de la consciencia", que señala que el problema de la medida se plantea cuando intentamos tratar el aparato de medida como un sistema cuántico, pues necesitaremos más aparatos para medir el estado en el que se encuentra el primero y así obtendremos una cadena de medidas que parece continuar hasta el infinito. Hay, sin embargo, un punto en el que sin duda termina esta aparente secuencia infinita y éste es el instante en que la información llega a nosotros. Podría argumentarse que los seres humanos deberían ser vistos como el último instrumento de medida,



Gato de Schrödinger: un gato, junto con un matraz, que contiene un veneno y una fuente radiactiva, se coloca en una caja sellada. Si un contador Geiger detecta la radiación, el frasco se rompe, liberando el veneno que mata al gato. La interpretación de la mecánica cuántica de la Escuela de Copenhague implica que, después de un tiempo, el gato está al mismo tiempo vivo y muerto.

y si es así entonces cabe preguntarse: ¿cuál es el elemento propio de los seres humanos que les da esa potestad, en apariencia única? Un poco de reflexión nos llevaría a pensar que la consciencia humana es el único rasgo diferente a todas las demás cosas que hay en el universo. Una teoría cuántica basada en la consciencia diría, en resumen, que la elección de los estados posibles de un sistema cuántico y su aparato de medida asociado no tiene lugar hasta que la información haya llegado a un observador consciente. Por lo visto, fue Eugene Wigner (físico y matemático húngaro, que recibió el Premio Nobel en el año 1963) el primero que destacó el papel de la consciencia en el problema de la medida.

Otro ejemplo lo provee la "hipótesis del multiverso cuántico", sugerida por Hugo Everett en 1957. La conjetura propone que siempre que tiene lugar una medida cuántica, el universo se ramifica en tantas componentes como resultados posibles tenga la medida. Cada uno de los individuos que practican las mediciones, en su rama particular, piensa que el resultado de su medida es singular y que su universo concreto es el único que existe, pero se equivoca. Esta explicación posee un atractivo matemático que la ha hecho apetecible a muchos científicos profesionales. Sin embargo, esta hipótesis, así como la anterior y otras, presentan, todas ellas, ciertos puntos débiles y por lo tanto no terminan de resolver el "problema de la medida".

El concepto de "entidades extensas no localizadas", de la teoría cuántica de campos, permite resolver muchas de las paradojas de la física cuántica primitiva (no relativista). Esto señala hacia la dirección correcta, puesto que la resolución de paradojas siempre ha sido un indicador de confianza en cuanto al sendero que debe tomarse para adquirir un conocimiento de la realidad más certero y exacto. En el "experimento de la doble rendija", la teoría cuántica de campos asume que el campo electromagnético se extiende a lo largo de todo el camino a recorrer, así que la fuente emisora "no crea" un nuevo campo sino que "perturba el campo ya existente", produciendo una "excitación" que se desplaza siguiendo los criterios de la Relatividad. Por esto el campo ya "tiene información" de todo el trayecto, o ya "sabe" si la rendija está abierta o no; y, por supuesto, la perturbación pasa por ambas rendijas ya que el campo es un objeto extenso. En cada punto del espacio hay una probabilidad de detectar la "perturbación" del campo, la "energía de la excitación" del campo (la "partícula") interacciona con las moléculas del detector o de la pantalla con cierta "probabilidad" y la energía detectada siempre es un múltiplo de " $h \cdot \nu$ ", ya que la energía del campo es discontinua.

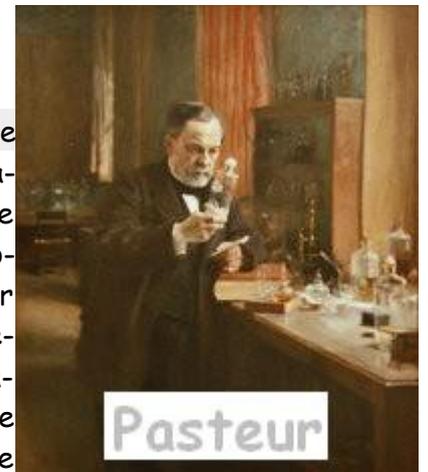
Solo en términos de "campos" puede entenderse el "vacío cuántico": en éste no hay "partículas", sino que únicamente existe el "campo" en su estado "mínimo de energía". También en términos de "campos" parece poder explicarse bien el "entrelazamiento cuántico": los "fotones entrelazados" son la mis-

ma perturbación del campo que se desplaza en direcciones opuestas, por lo que al medir una "excitación" se encuentra una "correlación" en la otra (por ejemplo, de espines opuestos). La "resolución de las paradojas" tiene el coste de asumir la existencia de entidades físicas que permean todo el espacio. Por supuesto, estas entidades cuánticas no tienen nada que ver con el éter y sus cualidades "mecánicas". Sin embargo, si pensamos que el espacio, sea lo que sea, tiene que consistir en algo físico, es decir, algo provisto de energía (el cual puede curvarse cuando hay más energía próxima) y que dicha energía está constituida por los "campos cuánticos", entonces éstos parecen más fáciles de asimilar por nuestras mentes (acostumbradas a tratar con objetos "materiales").

La teoría cuántica de campos contempla la posibilidad de asirse de una teoría unificada de campos cuánticos, o sea, alcanzar el sueño dorado de Einstein: lograr que todos los campos se unifiquen en uno solo (la teoría del campo único o unificado). Algunos teóricos presuponen que ése será el final, la última frontera, la cual conducirá a una "teoría cuántica de la gravedad" y al entendimiento de la naturaleza del "espacio-tiempo". Pero lo más probable es que no haya una última frontera, incluso si se alcanzara ese difícil objetivo teórico que podríamos denominar "la física del campo único".

Misticismo cuántico.

Se atribuye a Pasteur (1822-1895) la siguiente frase: "Un poco de ciencia nos aparta de Dios. Mucha ciencia, nos aproxima a Él" (ver monografía G029: Generación espontánea; página 18, nota). Al parecer, la idea que transmiten esas palabras tiene que ver con las conjeturas y las especulaciones que se suscitan en la mente del ser humano cuando trata de explicar los fenómenos naturales. Habitualmente, las hipótesis iniciales se tornan enormemente fantasiosas y peregrinas y esto conduce en poco tiempo a la aparición de paradojas; pero a medida que avanza el conocimiento, sucede que la realidad lucha por imponerse, los conceptos cambian o se refinan, se resuelven algunas paradojas y las conjeturas iniciales van quedando diezmadas o descalificadas en su gran mayoría. La historia de la Ciencia es básicamente una lucha tenaz y sin final contra la apariencia engañosa de las cosas, es decir, contra las conjeturas e hipótesis que se asumen en un momento dado pero que son incapaces de resolver ciertas paradojas. Por su parte, las paradojas equivalen a síntomas o señales que nos indican que una determinada teoría flaquea en sus fundamentos y consecuentemente debe ser superada.



Aceptar que el universo está hecho de "campos" y no de "partículas" es un avance muy importante que ha permitido dar a luz la "teoría cuántica de campos" y que sirve para entender los problemas y "paradojas" asociados a la concepción antigua de la mecánica cuántica, esto es, a la vieja mecánica cuántica no relativista, en la figuró como protagonista la interpretación de Copenhague. Desde la nueva óptica teórica, parece poder resolverse todo lo que concierne a la "dualidad onda-partícula", el "problema de la medida", el "colapso de la función de onda", la "no localidad" y muchas otras paradojas.

Si la "teoría cuántica de campos" alcanzara a pincelar el sueño dorado de Einstein, esto es, a trazar el plano arquitectónico de la hasta ahora hipótesis del "campo unificado", probablemente conseguiría eliminar al mismo tiempo toda una serie de ideas místicas que se han desarrollado a la sombra de las paradojas de la mecánica cuántica no relativista y que han emigrado y persistido incluso en la mecánica cuántica relativista. Semejante misticismo colisiona contra la esencia criteriológica que rezuma de la sagrada escritura, la Biblia, por lo que para el creyente bien versado en la claves conceptuales bíblicas (es decir, en los principios y asertos que se desprenden de la información codificada en el texto bíblico) tal enfoque místico queda descalificado a priori. El creyente documentado fehacientemente se mantendrá a la expectativa y esperará a que avance la Ciencia para que ésta confirme, por sí misma y a posteriori, dicha descalificación, y lo haga de manera contundente. Aquí es donde se vuelve a desempolvar, con toda su fuerza, la presunta frase de Pasteur citada anteriormente.

Resultaría conveniente ahora, citar, al menos en parte, del artículo titulado "Misticismo cuántico", de Rafael Andrés Alemán Berenguer (Licenciado en Bioquímica por la Universidad de Valencia y en Física Fundamental por la UNED, Diplomado en Estudios Avanzados por la Universidad Miguel Hernández, actualmente investigador colaborador y doctorando en el departamento de Ciencia de Materiales, Óptica y Tecnología Electrónica de la Universidad de Elche, así como colaborador honorífico y doctorando en el grupo de astronomía y astrofísica del Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal del Instituto Universitario de Física Aplicada a las Ciencias y a la Tecnología; autor de diversos artículos y libros de divulgación científica que gozan de muy buena acogida entre el público serio, tales como: *Relatividad para todos*, *Física para todos*, *Evolución o diseño*, *Ciencia y apocalipsis*, etc.), publicado por la Agrupación Astronómica de Alicante (España).



Prof. Berenguer

Seguindo al profesor Berenguer, tenemos que la revolución conceptual que supuso la teoría de la relatividad caló hondo y con una rapidez inusitada entre amplios sectores del público no especializado. Tan curioso efecto se debió en gran parte a la subyugante personalidad de su autor, a su magnífica habilidad para exponer de forma atractiva los postulados de la teoría, y a otras circunstancias sociales e históricas que allanaron su camino. Esto no quiere decir que un individuo común y corriente de la sociedad de la época, ni de la actual, tuviese plena conciencia de las implicaciones científicas y filosóficas de la relatividad, pero sí se produjo en el ambiente público una difusa sensación de que la obra de Einstein había cambiado radicalmente la antigua concepción humana del universo.

Sin embargo, no ocurrió lo mismo con el nacimiento de la Teoría Cuántica, la cual pasó desapercibida para el gran público, haciéndose acreedora del calificativo de "revolución silenciosa". Los resultados de la física cuántica, no obstante, son por lo menos tan estremecedores como los de la relativista, aunque las tremendas complejidades formales de la teoría, unidas a la disparidad de interpretaciones acerca de la misma, han contribuido a mantenerla en la penumbra del escenario cultural a lo largo de casi todo el siglo XX. Ahora bien, la confirmación de algunas de sus consecuencias más controvertidas y el aluvión subsiguiente de opiniones sobre su correcta interpretación, han propiciado que en el último cuarto del siglo pasado la divulgación de la física cuántica viniese mezclada indebidamente con dudosas hipótesis parapsicológicas y una mística orientalista de nuevo cuño.

El exceso de misticismo que ha impregnado a la inmensa mayoría de las vulgarizaciones de la física cuántica deriva, en buena parte, del extravío de los filósofos por carencia de conocimientos físicos aceptables, a la vez que los físicos se han visto descarriados por una mala filosofía o metaciencia (vale decir: metafísica). Toda la extrañeza del mundo cuántico y sus implicaciones esotéricas giran en torno a la aparente capacidad del observador para influir sobre la realidad exterior y al hecho de que esa influencia sea independiente de la distancia (el "problema de la medida"). En efecto, si las partículas elementales se encuentran en una situación indefinida entre varios estados posibles hasta que una medición las saca de ella, diríase que el observador, a través de su acto de medida, influye decisivamente sobre la realidad externa. Parecería, pues, que no existe una realidad objetiva al margen de nuestras mediciones y que esta eventualidad abre la puerta a un universo de asombrosas paradojas en el que los fenómenos parapsicológicos serían moneda corriente, e incluso una mera banalidad (es decir, nada sobrenatural).

Frente a las intrincadas cuestiones suscitadas por el problema de la medición cuántica, han florecido distintas escuelas de pensamiento, cada una de ellas con su propia respuesta particular. Se adscriben al "idealismo cuántico" los que creen que el observador humano, en virtud de una facultad trascendente (conciencia, espíritu o algo así), determina la posibilidad que se materializará en la medición. Los "realistas cuánticos", o "materialistas cuánticos", sostienen que la realidad existe independientemente de que la observemos o no. La "interpretación de Copenhague", que todavía colea, aspira a situarse en una postura intermedia, según la cual lo único verdaderamente relevante es lo que podemos conocer por medio de nuestras medidas. En pocas palabras, éstas son, las líneas de pensamiento que con mayor o menor acierto han intentado dotar de significado a las ecuaciones de la teoría cuántica no relativista, y en ellas, por tanto, se han apoyado (y siguen apoyándose) los parapsicólogos y esoteristas, dispuestos a es-

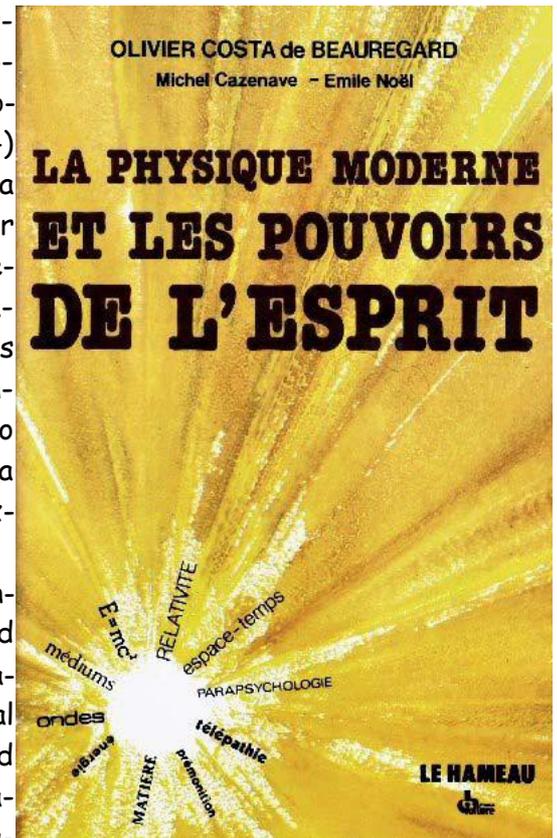
grimir los descubrimientos de la nueva física (actualmente no tan nueva) en defensa de sus respectivos credos.

Es lícito, pues, plantearse si los autores que tan alegremente la manejan entienden cabalmente los entresijos de una construcción teórica tan profunda y compleja como es la física cuántica. Tal vez porque la respuesta es negativa, el mérito de haberse anticipado a ella ha sido recabado para Platón, Buda, Lao-Tse, Hegel, el obispo Berkley y el conde de Saint-Germain, sin que los auténticos expertos encuentren razón alguna que avale semejantes pretensiones. Esto no ha impedido que un reducido número de científicos —algunos de ellos de cierto renombre— hayan decidido internarse por la engañosa senda de lo paranormal confiando en que la nueva física aportará luz suficiente para desenredar cualquier confusión. Uno de ellos fue el físico francés Olivier Costa de Beauregard (1911-2007), para quien la combinación de mecánica cuántica y relatividad constituirá la panacea universal capaz de aportar explicación a la totalidad de los fenómenos parapsicológicos. El propio Costa participó en un debate sobre los resultados de los experimentos de Alain Aspect (1947-) respecto al entrelazamiento cuántico, proponiendo la existencia de partículas facultadas para remontar el tiempo y establecer las correlaciones observadas en dichas experiencias (huelga resaltar la gélida acogida que recibió esta hipótesis en el ámbito académico). Escribió un libro titulado "La physique moderne et les pouvoirs de l'esprit" (la física moderna y los poderes de la mente) en donde hace una firme defensa del "tú puedes", afirmando que la física cuántica es controlable por la mente y de que ésta podría permitir seleccionar aquellos sucesos más favorables o extraordinarios a favor nuestro.

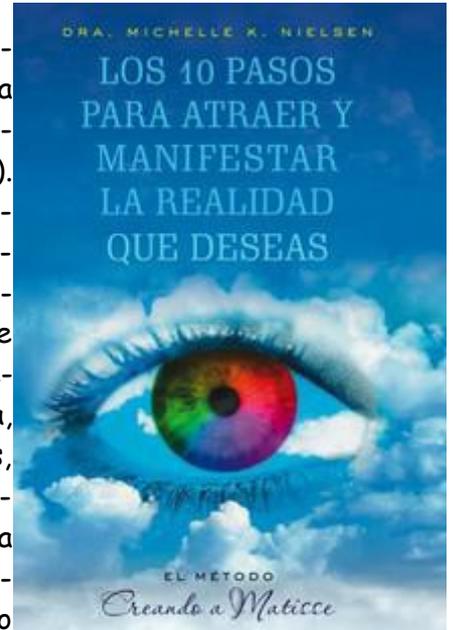
La actividad divulgadora de Beauregard ha encontrado cuantiosos ecos, cada vez más altisonantes, en medio de una sociedad occidental carente de valores trascendentes y prisionera de un materialismo marchito. En este clima de hastío pragmático general y de resurgimiento espiritualista en determinados foros, merced a la interpretación mística del problema cuántico de la medida, aparecen personas "iluminadas", no necesariamente malintencionadas, que tienen mucho que ofrecer a una población vacía en cuanto a motivaciones idealistas y significado existencial.

Por ejemplo, la doctora Michelle Nielsen, canadiense y ciudadana internacional que vive en Barcelona (España), lleva más de 20 años ejerciendo su pasión de estudiar métodos para optimizar el potencial humano y su sanación. Después de 18 años trabajando como quiropráctica, ha estado en diferentes países ayudando a muchas personas a tratar de encontrar su verdadero potencial. Ha editado un libro que ha conseguido millones de ventas, a saber, "Los 10 pasos para atraer y manifestar la realidad que deseas. El método Creando a Matisse". En este libro encontramos 10 supuestos pasos prácticos y simples para intentar ayudar a las personas a conseguir todas sus metas usando la mente, el cuerpo y el espíritu. La doctora Nielsen es muy querida y respetada, tanto nacional como internacionalmente, y ha colaborado en diferentes artículos de investigación publicados en diferentes medios.

Da la impresión de ser una persona bastante altruista y completamente convencida de lo que predica. Su gran fuerza persuasiva parece provenir de su pleno convencimiento interior, así como de los resultados sorprendentes que afirma haber obtenido. Mediante su libro "Los 10 pasos... Creando a Matisse", así como a través de toda su acción docente, sostiene que es posible crear la realidad con nuestra propia mente apoyándonos en la "ley cuántica", de tal manera que si creemos algo con fuerza podremos constatar que se realiza ante nuestros ojos (el problema de la medida, sublimado y llevado al terreno de lo místico). Entonces, la idea cuántica se mezcla con la división conceptual que de la realidad tiene el



mundo occidental (ciencia, materialismo, industria, economía) y el oriental (espiritualidad, arte, creatividad, naturaleza), y esto se correlaciona con los hemisferios cerebrales derecho (creer para ver: pensamiento orientalista) e izquierdo (ver para creer: pensamiento occidentalista). También, en la misma línea, se introduce la noción de "maestros manifestadores" o personas capaces de transformar sus visiones y sueños en una realidad sin un esfuerzo aparente, al haber desarrollado todo su potencial cerebral de una manera genial. Como ejemplos de tales genios se cita a Bill Gates, Leonardo Da Vinci, Miguel Ángel (Michelangelo), Beethoven, Madonna, Pau Casals, Madre Teresa de Calcuta, Nelson Mandela, Gandhi, etc. Se sugieren métodos de meditación, visualización, hipnosis, ensayo mental y afirmación para conseguir el desarrollo de todo el potencial cerebral. Por otra parte, se expone que no existen límites a toda esa supuesta potencialidad cerebral que se puede desarrollar, vertiéndola hacia mejorar la salud, aumentar la bonanza financiera, lograr éxito en el amor y la amistad, sanar el planeta, eliminar el hambre mundial y traer la paz.



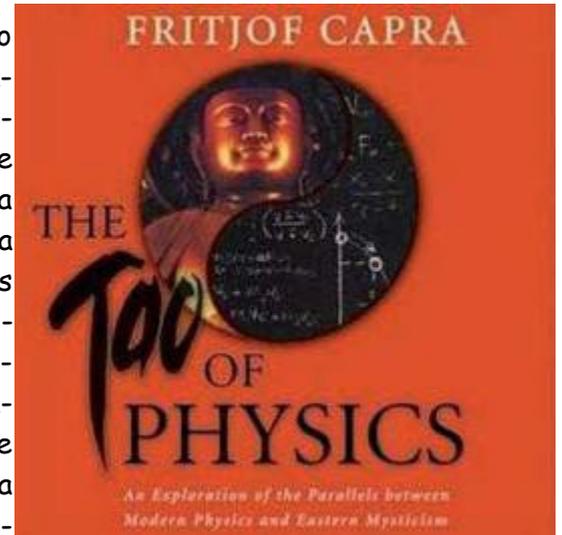
Otros autores que abundan en este tipo de misticismo son Félix Torán, doctor en Ingeniería e ingeniero de la Agencia Espacial Europea, que en 2011 publicó el libro "Mente Cuántica - Un proyecto hacia la felicidad" (cuyo índice contiene lo siguiente: ¿qué es la física cuántica?, lo que no es, todo es energía y todo es vibración, la dualidad onda-corpúsculo, el problema de la medida, el principio de superposición, otros asombrosos fenómenos, el vacío está muy lleno, dé ahora el salto cuántico hacia el éxito), el doctor Frank Kinslow, con su libro "La curación cuántica: un sistema rápido, sencillo y eficaz para eliminar cualquier dolor físico o emocional", y el británico Brian Josephson (premio Nobel de física en 1973, a los 33 años de edad, quien no vacila en proclamar su creencia en el "cuerpo astral" del ocultismo tradicional, y lo entiende como un envoltorio etérico que duplica nuestro cuerpo carnal fuera del espacio y del tiempo, siendo éste el responsable de los presuntos fenómenos extrasensoriales). Añadamos los nombres de Jack Sarfatti, Russel Targ y Harold Puthoff, quienes se han distinguido públicamente por hacer una defensa de fundamentos mediocres sobre poderes mentales diversos. Etcétera.

Junto a la reivindicación de lo parapsicológico, cosa perfectamente comprensible a causa del ingente arsenal de fenómenos inexplicables que han sido miopemente ignorados por la dominante ciencia materialista, asistimos al rebrote de una visión del mundo de tipo ocultista. Se trata de una nueva manifestación del misticismo esotérico, que busca cobijarse a la sombra de los modernos hallazgos de la física teórica, proclamando desde algunos foros que el esoterismo y la mística han sido refrendados por los últimos avances de la ciencia. Esta mística moderna no se ha privado de presentar los descubrimientos de la mecánica cuántica no relativista (e incluso relativista) como éxitos a anotar en la cuenta de sus propias creencias, solicitando que los postulados y explicaciones del misticismo sean aceptados como solución plausible a las paradojas cuánticas.

Han sido bastantes los autores —científicos en su mayoría— que han desarrollado en sus escritos la idea de que la física moderna presta un apoyo sustancial al milenarismo misticismo de oriente: Fritjof Capra, Gary Zuvak, Arthur Koestler, Michael Talbot, etc. El más célebre de ellos, Fritjof Capra, es un experto de la Universidad de California en teoría cuántico-relativista de campos, y en todo lo concerniente a su especialidad no cabe presentar ninguna objeción. Ahora bien, en cuanto deja de hablar como físico y se adentra en la metafísica, sus opiniones se convierten de inmediato en objeto de controversia al igual que cualquier otra aserción de esa clase. Valga como ejemplo el que en su más conocida obra, "El Tao de la Física", el profesor Capra aboga por una síntesis entre la comprensión intuitiva típicamente mística de las filosofías orientales y el saber físico actual, como una óptima vía de acceso a la comprensión profunda de la realidad. Un empeño ambicioso en el que otros fracasaron con anterioridad y en el que Capra no parece haber corrido mejor suerte.

El principal escollo radica en la incompatibilidad manifiesta que se da entre la intuición mística,

por completo divorciada de la razón y la lógica, y el conocimiento científico, firmemente enraizado en una racionalidad progresivamente refinada por la experiencia. Estas dos visiones de la realidad resultan tan opuestas, en la práctica, que cualquier punto de contacto no puede dar lugar más que a conflictos. Y como Capra elude discretamente tales conflictos, su obra mística se limita a colocar alternativamente la física sobre las filosofías orientales (taoísmo, budismo e hinduismo) y viceversa, de modo que el lector acaba albergando la sensación de que el autor trata de utilizar cada una de estas disciplinas como señuelo para atraer la atención sobre la otra. Finalmente, la impresión general que cabe extraer del libro "El Tao de la Física" es que Capra se sirve de la teoría cuántica para afianzar los enigmas y elipsis de una religión que soporta tantas vaguedades dogmáticas como se quiera, en un círculo vicioso del que es imposible escapar, para el deleite de todos los aman el misterio que nace de la ambigüedad perpetua.



Nada diferente ensayó el escritor Gary Zuvak, cuyo estilo ágil y directo demuestra una notable facilidad para abordar los puntos de vista más esotéricos sobre la naturaleza, sostenidos por una reducida pero ruidosa minoría de físicos. Dando por sentado que la observación altera imprevisiblemente el estado de un sistema cuántico, Zuvak pasa a deducir que el fundamento de la física moderna es, en cierto sentido, el estudio de la conciencia, debido a lo cual sugiere que el programa de la carrera de física del siglo XXI incluirá clases de meditación trascendental.

Una consecuencia inmediata de la efervescencia que la nueva física ha provocado en la ideología de la contracultura y de la Nueva Era ha sido la aparición de infinidad de actividades etiquetadas con el término "cuántico": conciencia cuántica, psicología cuántica, medicina cuántica, etc. Todo ello con la expectativa de ceñirse de un engañoso aire de extrema modernidad. En consecuencia, ya todo es cuántico y las especulaciones más descabelladas parecen adquirir carta de respetabilidad sin más que añadirles este apellido.

Por desgracia, todas estas nuevas disciplinas no suelen mostrar sino un andamiaje colorista de metáforas y analogías. El físico y filósofo Danah Zohar, del MIT, no tiene el menor escrúpulo en comparar los bosones y los fermiones con individuos sociables e insociables, de responsabilizar a los bosones de la unicidad de la conciencia y otras disquisiciones del mismo jaez. Nada importa que Zohar emplee un efec-tista lenguaje poético, sin relación alguna con el rigor imparcial de la ciencia. El apetito por las modas exóticas, que impera en un nutrido sector de la población, nos deparará en un futuro probable cosas como la jardinería cuántica, el deporte cuántico, o las vacaciones cuánticas (aunque si esto último supone la posibilidad de disfrutar de la estancia en varios lugares por el mismo precio, la idea resulta terriblemente atractiva).

El pilar básico sobre el que se asientan los pretendidos vínculos entre la física de vanguardia y el esoterismo o la parapsicología, son las conclusiones obtenidas en el "experimento de Aspect". Dicho experimento vino motivado por un relativamente viejo problema surgido en 1935, la denominada "paradoja EPR". Era un experimento mental diseñado por Einstein, Podolsky y Rosen, dado en términos de posición (x) y momento (p) de una micropartícula, con el que se intentaba demostrar que la mecánica cuántica primitiva (no relativista, defendida por la interpretación de Copenhague) era una teoría incompleta (descripción deficiente o incompleta de la realidad). La paradoja EPR partía de la base, comúnmente aceptada, de que es posible conocer con precisión la posición (x) o el momento (p) de una partícula sin necesidad de actuar sobre ella, ya que basta con medir sólo la posición o el momento de otra partícula con la que la primera ha interactuado en algún momento pasado; por tanto, la posición y el momento de la primera partícula son elementos de la realidad, en contra de la interpretación de Copenhague, según la cual dichos elementos (los valores de las magnitudes de los objetos cuánticos o micropartículas) emergen en el mismo instante de su medición. En consecuencia, insistir que la mecánica cuántica es una teoría com-

pleta, según sostiene la interpretación de Copenhague, significa pagar el precio de aceptar la denominada "acción instantánea a distancia", que viola el principio indiscutible de la constancia universal de "c" (nada en nuestro universo puede desplazarse a mayor velocidad que la luz, denominándose "c" a dicha velocidad). En efecto, pues si la distancia de separación entre las partículas que han interactuado se supone superior a $3 \cdot 10^5$ km, y la medición sobre una de ellas se realiza con posterioridad, la "acción instantánea a distancia", que se desprende de la interpretación de Copenhague, implicaría una transformación cuántica de velocidad superior a "c".

En 1951, David Bohm reformuló la paradoja EPR en términos de "espín". Propuso estudiar la evolución física de 2 partículas que comienzan en un estado de espín total cero, más allá de cualquier posibilidad de interacción mutua (debido a una enorme distancia entre ellas, por ejemplo), de donde midiendo una componente del espín en una de ellas (asequible ésta al instrumento de medida) se puede predecir el valor del mismo parámetro en la otra sin necesidad alguna de interactuar con ella. Pues bien, en 1964, John S. Bell elaboró un teorema que pretendía favorecer la postura EPR, al permitir su contrastación experimental futura (con lo cual EPR dejaría definitivamente de ser una conjetura mental), y consecuentemente haciendo de la interpretación de Copenhague una teoría en crisis. Pues bien, pruebas realizadas a partir de 1973, pasando por los famosos experimentos de Aspect en 1981 y 1982, hasta la época presente, muestran una violación de las denominadas "desigualdades de Bell", con lo que el teorema de éste adquiere un perplejizante efecto de rebote contra la hipótesis EPR y aboga en beneficio de las predicciones de la mecánica cuántica defendidas por el grupo de Copenhague. La conclusión ha dejado insomnes a los físicos teóricos, puesto que el postulado de "acción instantánea a distancia" que se desprende de la interpretación de Copenhague no puede ser negado, y con ello se arremete impunemente contra el denominado "principio de localidad", según el cual ninguna señal puede propagarse más rápidamente que "c" (la velocidad de la luz en el vacío). Sin embargo, como ya se ha comentado anteriormente, esta situación, extremadamente incómoda y pasmosa para la física moderna, puede ser eludida favorablemente merced a las nuevas concepciones de la mecánica cuántica de campos (releer la página 9 y su contexto).

Un amplio grupo de comentaristas, no siempre expertos, ha interpretado los resultados de Aspect según tres vías alternativas. Primero, especulan que el efecto de las observaciones podría remontar el curso de los acontecimientos hasta el pasado, suministrando con ello una base "científica" para poder explicar las profecías y augurios de los videntes. Segundo, piensan que la conciencia humana influye decisivamente en la existencia del mundo real, justificando así los fenómenos psicocinéticos (mover objetos mediante una supuesta energía cerebral) y demás acciones mente-materia. Y tercero, creen que se puede verificar una transferencia de información instantánea e independiente de la distancia, lo cual supondría un "firme" cimiento para los fenómenos telepáticos. Todo ello, siempre, bajo la opinión particularísima de este grupo de autores.

Los puntos primero y tercero serían en realidad equivalentes, aun cuando la falta de dominio de la física relativista que muestra la mayoría de los parapsicólogos les haya impedido percatarse de ello. Si la telepatía se entiende como una suerte de transmisión instantánea de información a distancia, entonces implicaría necesariamente efectos que retroceden en el tiempo; y a la inversa, el viaje en el tiempo de objetos e informaciones entraña velocidades superiores a la de la luz. Esta conjunción inseparable de telepatía y precognición, que debería darse si existieran tales fenómenos, raramente se pone de relieve en el terreno de lo esotérico, y constituye por sí misma otro elemento de conflicto entre la física y la parapsicología.



Alain Aspect

Un error capital de quienes aseveran que la mecánica cuántica proporciona una garantía de la percepción extrasensorial radica en la suposición de que la "no-localidad" o "no separabilidad", experimentalmente confirmada, involucra algún tipo de influencia causal que viaja entre las partículas. Sin embargo, las correlaciones cuánticas no pueden servir de sistema de comunicación puesto que es imposible controlar los resultados de las medidas e impracticable, por tanto, establecer código alguno de señales. En concreto, la sugerencia propuesta por Costa de Beauregard y suscrita por Capra de que las partículas se vincularían mediante señales enviadas hacia atrás en el tiempo, que aparenta asentarse sobre unas representaciones esquemáticas de las reacciones entre partículas debidas al físico R.P. Feynman, carece de sostén teórico serio.



Estos gráficos, conocidos como "diagramas de Feynman", se construyen sumando una serie de gráficos parciales, cada uno de ellos representativo de un mecanismo posible de interacción entre las partículas; y lo curioso del caso es que alguno de estos subesquemas parecen mostrar la equivalencia entre partículas que avanzan en el tiempo y antipartículas que retroceden en él. Pero, a diferencia de Costa y Capra y de otros investigadores del entorno de éstos que sostienen que tales diagramas han de interpretarse como estrictamente reales, sucede que la mayoría de los científicos optan por atribuir sentido físico sólo al esquema global y no a cada uno de los diagramas parciales. Hoy prácticamente nadie sustenta la postura retrotemporal y, a falta de mejores pruebas en contra, la interpretación convencional (contraria a la postura de Capra) ha salido vencedora en la contienda.

Con todo, el más sólido baluarte de los empecinados en desposar la física con el misticismo se halla en el punto segundo de los precitados; esto es, en la aserción de que el observador, a través de su acto de observación, crea de alguna manera la realidad que contempla. Las memorables experiencias de Aspect han sido consideradas valedoras indiscutibles de tal afirmación, y tanto investigadores de prestigio como periodistas de pluma sensacionalista se han visto tentados por ella hacia el terreno de la más enfebrecida especulación metafísica.

Nadie duda que la medida de los sistemas cuánticos altere el estado de éstos, pero eso no significa que no exista alguna realidad exterior independiente de nuestras mentes que resulte alterada por dicha medida. Esta distinción es fundamental, y tal vez por ello los místicos cuánticos la empañan sin cesar. La paradoja del "gato de Schroedinger" suele abanderar el aluvión de argumentos que ocultistas y esotéricos empuñan para probar la irrealidad del mundo. Resulta asimismo lamentable que invariablemente se silencie o minimice la explicación que goza del asentimiento general, a tenor de la cual cuando se produce un acontecimiento irreversible (muerte de un gato, señal en un detector de partículas) dicho acontecimiento adquiere un carácter tan real e independiente de nosotros como una montaña o una estrella.

Tampoco es cierto que la teoría cuántica verse exclusivamente sobre las mediciones que efectúan los observadores en interacción con los sistemas físicos que examinan. Es perfectamente posible axiomatizar la mecánica cuántica sin referencia alguna a observadores o mediciones (como han demostrado Bunge, Margenau y otros), analizando lógicamente la estructura de la teoría para poner al descubierto sus conceptos básicos. Obtendremos entonces una interpretación estrictamente realista de la misma sin más que dotar a su simbolismo fundamental de un significado puramente físico, representando así a entidades físicas y sus propiedades, no estados mentales o actos de percepción.

Las formulaciones subjetivistas de la mecánica cuántica, a las que tanto gustan de referirse los adalides del misticismo paracientífico, no existen en realidad. Un planteamiento tal debería comenzar

por postular las características del sujeto observador, con lo que pasaría a convertirse en una parcela de la psicología. Todas las entidades físicas, así como sus propiedades y relaciones, habrían de caracterizarse en términos psicológicos, esto es, en función de las percepciones y pensamientos del observador. Una tentativa de este estilo terminaría por mostrarse inconsistente ya que el observador, a fin de cuentas, también está compuesto de partículas cuánticas. En consecuencia, resulta imposible refutar experimentalmente el realismo en tanto que todo experimento bien diseñado presupone la existencia autónoma de un mundo exterior sobre el que vale la pena experimentar, no importa cuán extrañas sean las conclusiones.

La principal fuente del atractivo que las filosofías orientales ejercen sobre estos autores reside en su capacidad para aportar un marco conceptual nuevo, una perspectiva renovada de la vida y el universo, rica en paradojas y contradicciones, en cuyo seno las perplejidades de la física moderna se antojan cosa natural. Esta indiscutible fascinación dimana de los paralelismos y similitudes que muchos creen haber descubierto entre los conceptos que estructuran la teoría cuántica y los que conforman las antiguas nociones místicas de oriente.



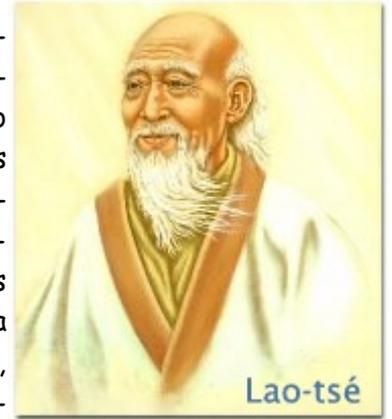
Ello no resulta asombroso en sí mismo, dado que las cuestiones existenciales que ha debido afrontar el ser humano desde tiempos inmemoriales (el sentido de su existencia, su relación con lo que le rodea, el origen y destino del universo) permanecen vigentes a través de las eras. La integración sujeto-objeto del misticismo, tanto oriental como occidental, brinda un vasto campo en el que podrían anidar todas las confusiones y tergiversaciones nacidas del malentendido papel del observador en la teoría cuántica y de su relación con el mundo observable.

La afirmación de Lao-Tse, fundador del taoísmo, de que el vacío, por oposición al universo sensible, es algo lleno de potencialidades, se ha querido engarzar de inmediato con las partículas virtuales y la teoría cuántica de campos. Por su parte, Buda declaraba que los fenómenos existen por sí mismos sin estar ligados a ninguna sustancia, y añadió que los seres del mundo sensible únicamente son una colección de imágenes en nuestra percepción. Estas aseveraciones convirtieron a Buda, según algunos, en precursor de las "líneas de universo" de la relatividad einsteniana. La doctrina budista, asimismo, enseña la irrealidad de los fenómenos que captamos con nuestros sentidos, lo que incitó enseguida a la comparación con el actual idealismo cuántico. Y tampoco han faltado quienes establecieron paralelismos entre la posición del budismo mahayana, que se abstiene de juzgar la realidad del mundo, con el pragmatismo de la escuela de Copenhague.

En todo caso, parece difícil ir más allá de una simple recolección de analogías más o menos peculiares. El avance se hace especialmente problemático toda vez que las citadas semejanzas devienen tanto más borrosas cuanto más de cerca las examinamos. No debemos olvidar ni por un momento el estilo lírico y plagado de metáforas que baña todo discurso místico cuando se utiliza en el intento de expresar lo inexpresable. El místico sabe que la fuerza de sus hondas intuiciones desafía cualquier descripción verbal y por ello, en lugar de explicar apelando a la razón, trata de conmover transmitiendo emoción. Es entonces cuando se ve obligado a recurrir a un lenguaje rutilante, cargado de poesía y simbolismos. Sin embargo, la riqueza en significados de un símbolo depende también de la capacidad interpretativa de aquél a quien se destina. De ahí la marcada disparidad de opiniones comparecidas a la hora de enjuiciar las crípticas alegorías de casi todos los místicos. Una disparidad, por otro lado, que crece en proporción directa a las diferencias psicológicas y culturales entre el místico y sus exegetas. Así pues, resulta no sólo posible sino extraordinariamente probable que las especulaciones legadas a la posteridad por filósofos e iluminados de antaño no guarden más que una remotísima relación con las que les atribuyen los místicos cuánticos de hogaño.

Éste es el obstáculo crucial que tan a menudo se olvida: la imposición de semejanzas profundas

entre dos discursos, el místico y el científico, que a lo sumo comparten algunos rasgos parciales en su vocabulario circunstancial. Si las imágenes representativas de su pensamiento son llamadas metáforas en el caso del místico y modelos en el del científico parece claro que todo paralelismo entre ellas resultaría, en el mejor de los casos, artificioso y desmedrado. Así pues, deducir, por ejemplo, el principio de complementariedad de Bohr (releer la página 19) o la hipótesis del "bootstrap" (idea hoy en declive, según la cual las partículas elementales estarían potencialmente contenidas unas en otras) a partir de la filosofía taoísta de complementariedad de opuestos, yin y yang, equivaldría a desfigurar la realidad cultural de una civilización eminentemente agrícola y ganadera como la antigua China. La vida rural se ve dominada por el inexorable ciclo de las estaciones que se suceden sin fin, y por la contemplación de semillas que germinan para dar frutos que contienen a su vez más semillas. Estas realidades inculcan espontáneamente las nociones de proceso periódico y de etapas de un ciclo que contienen en estado latente a las siguientes, sin necesidad de mayores elucidaciones sobre la naturaleza de la materia.



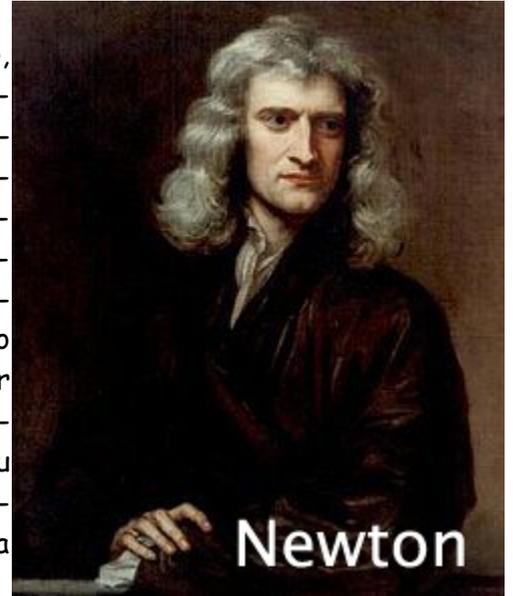
El pensamiento tan querido por los místicos de que cualquier cosa está en verdad relacionada con el resto del universo, de modo que la realidad genuina pertenece al Todo inmutable y perfecto, el aislamiento de cuyas partes sería mera ilusión, parecería respaldado por la "no localidad" cuántica. A primera vista, este aspecto de la física de partículas otorga un espléndido aval a la concepción orgánica del universo, de acuerdo con la cual cualquier fragmento del mismo está en interacción con todo el resto y no puede ser comprendido por entero si no es como parte del conjunto total de lo existente. Ahora bien, no debemos olvidar que el conocimiento de una cosa no implica el conocimiento de todas sus relaciones con las demás, ni tampoco el conocimiento de algunas de estas relaciones implica el de todas las demás.

La vieja disputa filosófica acerca del libre albedrío también rejuvenece en manos de los místicos cuánticos, merced al principio de incertidumbre de Heisenberg. Este principio ha sido interpretado, sacándolo fuera de su marco conceptual propio, como una declaración inestimable en favor de la autodeterminación humana y de su libertad esencial. Ya que el electrón, se dice, es libre de tener la posición y la velocidad que en cada momento le venga en gana, goza de un margen de autonomía desconocido en la física clásica. Admitiendo ahora que nuestra voluntad es producto de una alocada danza de electrones en un profundo rincón de nuestro cerebro, la indeterminación electrónica es el correlato físico del libre albedrío espiritualista. Pocas veces como ésta se ha logrado ligar falazmente cuestiones tan distintas, concitando al mismo tiempo la atención y la aprobación de tantas personas mal informadas. Dejando a un lado si nuestra voluntad es resultado exclusivo de una configuración de partículas elementales en el cerebro, y si tales fluctuaciones son un requisito para la libertad más que una interferencia incontrolable, aún quedan gruesas objeciones que superar.

La totalidad del comentado punto de vista gravita sobre la noción de "incertidumbre" en las partículas elementales. A su vez, esta idea descansa sobre el supuesto tácito de que las partículas cuánticas son corpúsculos puntuales que modifican su posición y velocidad tan irregularmente como para frustrar todos nuestros intentos de medición. Esto es absolutamente falso: las partículas cuánticas son entidades de una clase nueva y diferente de todo lo macroscópicamente conocido, que reciben el nombre de "partículas" ("cuantones" para Bunge, "ondículas" para Feynman) a falta de una mejor denominación. El principio de Heisenberg nos dice en rigor que los entes cuánticos, híbridos inconcebibles de onda y corpúsculo para la mecánica cuántica primitiva, carecen inmanentemente de forma, posición y velocidad definidas. No hay, entonces, relación alguna entre el libre albedrío y la incertidumbre o imprecisión de algo (posición, velocidad) que no tiene sentido en el ámbito de la microfísica. Lamentablemente, los filósofos de uno y otro bando deberían resignarse a prescindir de esta clase de ayudas en la controversia si las injerencias de una nueva clase de místicos no les impidiesen percatarse de ello.

La ciencia comenzó como una prolongación empírica de la filosofía puramente especulativa de los griegos; baste recordar que durante el siglo XVII su nombre común era el de "filosofía natural". Aunque

la inercia intelectual de algunos filósofos los ha detenido a menudo, resultó cosa corriente a partir de entonces que los pensadores invocasen el juicio científico para inclinar la balanza en su favor en medio de las disputas. La discusión sobre la continuidad o discontinuidad de la materia, sostenida desde la Grecia clásica, se decidió finalmente a favor de los últimos, mientras que el dilema sobre la naturaleza de la luz se saldó increíblemente con un empate entre partidarios de ondas y de corpúsculos. La situación se torna un tanto más vidriosa en cuanto que, en no pocas ocasiones, se ha querido ver en los descubrimientos científicos un apoyo explícito a ciertos credos políticos o filosóficos. La mecánica celeste de Newton, con su majestuoso despliegue de fuerzas centrales que hacían girar obedientes a los planetas en torno al masivo Sol, se empleó en defensa de la monarquía absoluta en el plano político.



En el plano religioso, curiosamente, las teorías del genio británico se enarbolaron tanto por ateos como por teístas. Los primeros indicaron que en un universo que se comporta como un mecanismo de relojería, sometido a férreas leyes naturales, la idea de Dios quedaba anticuada; pues un mundo con tales características no requiere ningún sostén divino para funcionar (miopía causal). Los segundos destacaban que toda ley precisa un legislador y que el orden del universo necesita ser explicado por medio de la presencia de un creador. Ciertamente, la sagrada escritura dice: "Los cielos están declarando la gloria de Dios; y de la obra de sus manos la expansión está informando" (Salmos 19: 1). Por lo tanto, Newton, Kepler y otros, aportaron, con sus descubrimientos, datos adicionales que corroboran la existencia de un Sumo Hacedor. Pero hay que tener presente que éstas son sólo pruebas adicionales, queriéndose indicar con ello que simplemente se trata de unas cuantas pinceladas, dadas con más o menos acierto, dentro del inmenso cuadro que el ser humano se siente impelido a dibujar respecto al universo, tomando los vislumbres de esa realidad, cuya cimentación pertenece al Todopoderoso, como un paisaje a representar. La complejidad de dicha realidad, tanto en sentido macroscópico como microscópico, excede por mucho lo que el hombre es capaz de captar, de manera que lo que la Ciencia ha conseguido atisbar sirve más bien de moraleja, que señala hacia el abismo insondable que se extiende por delante de nosotros y que sólo Dios conoce al detalle.

El advenimiento de la relatividad nada aclaró sobre Dios a los teólogos (aunque sí apostilló al creyente culto que el cosmos era verdaderamente mucho más complicado de lo que hasta entonces se había supuesto), pero sí pareció perjudicar a los autoritarios en favor de los anarquistas, al abolir el concepto clásico de fuerza. La última moda hasta el presente consiste en aplicar la no-separabilidad cuántica al colectivo humano y declarar que los individuos pierden parte de su significado existencial si se les separa de la sociedad en la que se desenvuelven. Es de temer que la concepción orgánica de un estado totalitario hallaría un sabroso argumento en interpretaciones como la precedente.

Sin embargo, las repercusiones de los avances científicos han sido mucho mayores en los terrenos de la metafísica y el espiritualismo, quizás debido a que estos dominios trataban de afianzar mediante la ciencia la incertidumbre y parcialidad de sus posiciones. A causa de esto nos encontramos con hechos tan curiosos como el que el cardenal O`Connell de Boston previniese a los católicos contra la relatividad, manifestando de manera rotunda que "era una especulación nebulosa tendente a introducir una duda universal acerca de Dios y su creación", o que la teoría era "una mortífera encarnación del ateísmo". Por el contrario, el rabino Goldstein proclamó solemnemente que Einstein había proporcionado "una formulación científica en favor del monoteísmo". De manera similar, las obras de los astrónomos James Jeans y Arthur Eddington fueron reputadas como sendas defensas científicas del "cristianismo", en oposición flagrante a la opinión de los propios autores, quienes ni siquiera estaban de acuerdo entre sí.

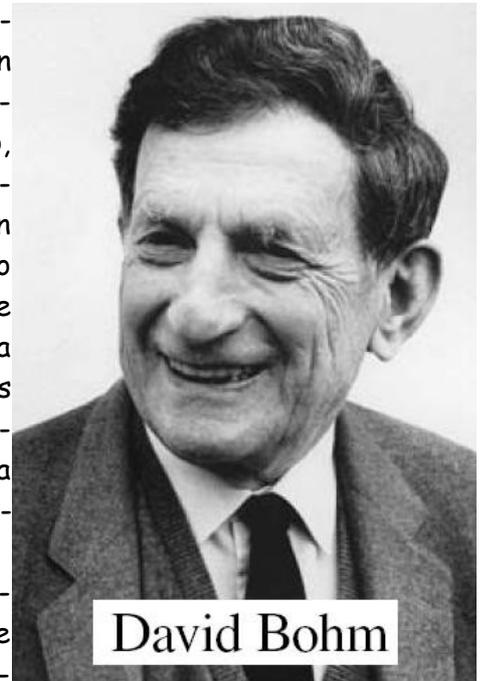
El grave peligro que comporta este tipo de actitudes es el de enredar indebidamente ideas razonables con suposiciones desatinadas, desprestigiando las primeras por causa de las segundas o buscando

introducir las segundas al socaire de las primeras. Este punto es importante puesto que, en tanto ningún ser humano sea infalible, toda doctrina elaborada por él contendrá un combinado variable de aciertos y errores. Ligando las creencias religiosas no inspiradas, o las ideas filosóficas, con una determinada teoría científica labraremos nuestra segura desorientación, pues antes o después el avance subsiguiente del saber tornará obsoleta la teoría que nos respaldaba y, por ende, toda creencia que se sustente irremunciabilmente en ella. Cuando esto ocurra correremos el riesgo de rechazar irreflexivamente la posible parcela de verdad contenida en la doctrina que abrazábamos junto con aquellas partes que se revelaron menos fiables, sin más culpable de ello que nuestra insistencia en no distinguir la una de las otras.

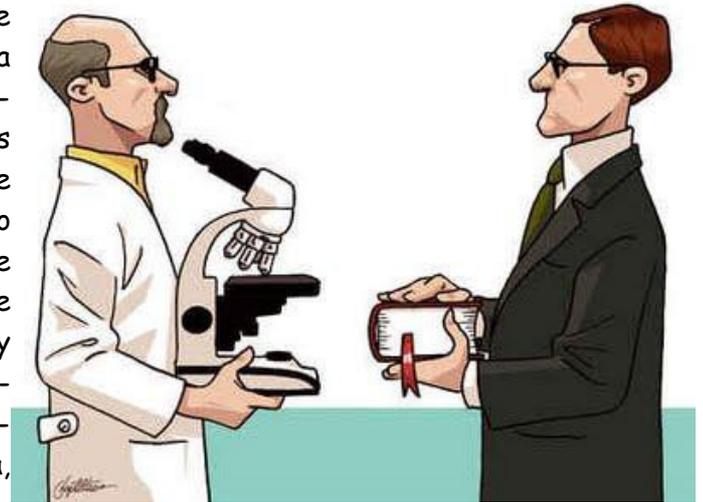
Es muy probable, por ejemplo, que haya algo de cierto en las opiniones de Bohm sobre el comportamiento cuántico y su relación con un espacio de más dimensiones (de hecho, las actuales teorías de unificación trabajan con un espacio-tiempo de diez dimensiones). Empero, el fervor mostrado por este físico hacia la mística oriental ha provocado que sus teorías sean miradas con mucho mayor recelo del que en otras circunstancias hubiesen encontrado. Y viceversa, no es legítimo atribuir verdad general a un conjunto de creencias por el hecho de que algunas de ellas muestren cierta plausibilidad. La doctrina búdica de que el deseo es la causa del sufrimiento puede guardar algunos puntos de contacto con la moderna psicología del inconsciente, pero eso no es argumento bastante para admitir al mismo tiempo la doctrina de las reencarnaciones sucesivas o la necesidad de disolver nuestra conciencia en la nada universal.

Los actuales místicos cuánticos nos inundan con libros y artículos en los que se desgrana hasta el último indicio de parentesco entre la física moderna y el esoterismo o la parapsicología, sin el menor respeto por la precisión o la veracidad de sus escritos. Así, se nos invita a considerar a Demócrito de Abdera como uno de los padres del atomismo actual, olvidando que la única semejanza es la que se da por el uso del mismo término "átomo" (palabra que, por otra parte, ha perdido en física toda conexión con su etimología original). Así es: entre el concepto de atomismo compartido por los griegos y el que disponemos en el presente media la misma distancia que entre el diseño de un cachirulo y el de una lanzadera espacial.

Se ha dicho también que los grandes científicos de principios del siglo XX apelaron al misticismo por causa de sus investigaciones. A este respecto, el fuerte tirón materialista que la ciencia contemporánea ejercía sobre ellos impedía que en muchos casos se percataran de la posible trascendencia metacientífica de sus hallazgos; y, además, algunos temían el desprestigio que les ocasionaría desmarcarse del paradigma académico en cuyo seno encontraron aplausos. Por eso, a juicio de Einstein: "La relatividad es una teoría puramente científica y no tiene nada que ver con la religión". Eddington opinaba, por su parte: "No estoy sugiriendo que la nueva física aporte ninguna demostración de la religión, ni que ofrezca siquiera algún tipo de fundamentación positiva de la fe religiosa... Por mi parte me declaro absolutamente opuesto a esa clase de intentos". Para Schroedinger, la tentativa de amalgamar física y trascendencia era sencillamente siniestra: "El terreno del que algunos antiguos logros científicos han debido retirarse es reclamado con admirable destreza por ciertas ideologías religiosas como ámbito propio, sin que puedan realmente hacer de él un uso provechoso ya que su auténtico campo está mucho más allá de cuanto puede quedar al alcance de la explicación científica". Planck argüía: "El intento de unificar ciencia y religión proviene de una deficiente comprensión, o más exactamente, de una confusión de las metáforas religiosas con las afirmaciones científicas. Innecesario es decir que el resultado no tiene ningún sentido". Para James Jeans: "Se ha hablado mucho últimamente de las aspiraciones a dotar de un soporte científico a los hechos trascendentes. Hablando como científico, considero absolutamente inconvincentes las pruebas alegadas; hablando como ser humano, la mayoría de ellas me parecen además ridículas".



Si tenemos presente que la ciencia es un tipo de conocimiento, así como también lo son la religión y la cultura, y que todos ellos tienen que poseer alguna clase de vinculación enriquecedora en la mente del que los alberga y concibe, cuesta bastante trabajo creer que el saber científico pueda desligarse y crear su propio compartimento estanco antinatural, independiente de todo lo demás, de tal manera que no reciba ni aporte elementos interactivos que proporcionen un mayor y mejor entendimiento de la realidad. Tal cosa es, sencillamente, un punto de vista demencial, que sólo se entiende bajo la criteriología dogmática de un paradigma, a saber: El materialismo científico dominante.



Han sido las suposiciones de algunos filósofos y teólogos las que han estropeado el feliz maridaje que podría existir entre ciencia y religión, al intentar imponer sobre la ciencia experimental un método eminentemente especulativo y atentar así contra su propia razón de ser: el método experimental, que tan buenos resultados ha dado, al hacer bajar de las "nubes" a teóricos soñadores que intentaban casar la realidad con sus propios puntos de vista, en lugar de procurar adaptar sus enfoques a la realidad. Por eso, los que defienden que la teoría cuántica trasciende la dualidad sujeto-objeto, abriendo el camino al conocimiento místico, han recibido respuestas tajantes por parte de investigadores más sensatos, aunque materialistas en muchos aspectos. Por ejemplo, Bohr aseguraba: "La noción de complementariedad no supone en modo alguno un alejamiento de nuestra posición como observadores desligados de la naturaleza". De Broglie: "Se ha dicho que la física cuántica reduce o difumina la línea divisoria entre sujeto y objeto, pero hay aquí (...) un uso equivocado del lenguaje. Porque en realidad los medios de observación pertenecen claramente al aspecto objetivo; y el hecho de que no podamos dejar de lado en microfísica las reacciones que esos medios producen en las porciones del mundo exterior que deseamos estudiar no suprime, ni siquiera disminuye, la distinción tradicional entre sujeto y objeto". Schroedinger no era menos severo: "El estrechamiento de la frontera entre el observador y lo observado, que muchos consideran una significativa revolución del pensamiento, a mí me parece una sobrevaloración de un aspecto provisional carente de un significado profundo".

De todas formas, no se puede negar que muchos de estos científicos se sintieron movidos a plantearse hondos interrogantes acerca de un conocimiento del universo que ellos mismos habían contribuido a revolucionar. ¿Cuál es la razón de esa ambivalencia?, ¿qué les llevó a interesarse por tremendas cuestiones filosóficas, mientras rechazaban que la ciencia diese soporte a cualquier metafísica? La respuesta parece ser sencilla, pero profunda: porque todos ellos se vieron enfrentados al problema de la naturaleza esencial del conocimiento. Ellos sospechaban que el conocimiento místico llevaba a la unión íntima y substancial del sujeto y el objeto. También comprendían que la ciencia no proporciona esa clase de conocimiento, sino más bien la formulación matemática de las leyes que describen el comportamiento de las cosas. El místico, se supone, capta la esencia última de la realidad (aunque dicha suposición no tiene respaldo alguno en la sagrada escritura, la cual induce a pensar que el misticismo es un enfoque erróneo, que puede ser usado muy eficazmente por inteligencias sobrehumanas perversas para alejar a la humanidad de la verdad), mientras que el científico sólo obtiene los símbolos matemáticos que representan esa realidad.

La gran diferencia entre la física clásica y la moderna es que esta última se vio obligada a hacerse consciente de ese hecho; esto es, hubo de admitir que el saber científico no puede aspirar a ir más allá de la descripción abstracta del mundo. Desde la época de Galileo hasta la irrupción de la física cuántica y relativista, el científico creía estar ocupándose de la realidad en cuanto a tal. Fue a partir de entonces cuando quedaron forzados a asumir que el conocimiento científico, por su propia naturaleza, jamás podría rebasar el ámbito de las imágenes matemáticas; ficciones útiles si se quiere, pero tan aleja-

das de la realidad directa (que el místico dice aprehender) como las notas de una partitura lo están de la sinfonía que representan.

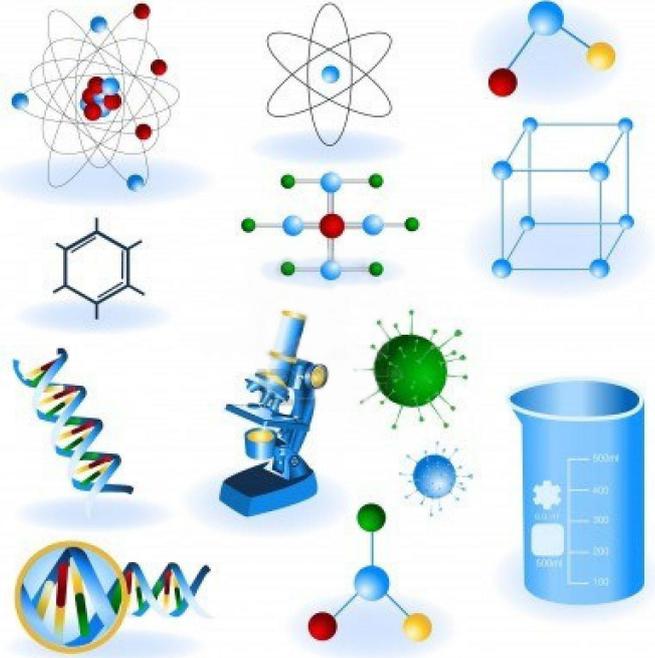
Este estado de cosas, unido a su agudeza intelectual, fue lo que condujo a los sabios antes citados a especular con inquietud filosófica acerca de la naturaleza última de la realidad. Así lo hicieron y por ello contribuyeron grandemente al desarrollo de la metaciencia o filosofía científica, sin abandonar nunca la imparcialidad en la medida de lo subjetivamente posible, que para todo investigador concienzudo debería ser irrenunciable (pues hay que contar con la impregnación criteriológica al paradigma materialista dominante, cuya influencia subliminal les ha resultado humanamente ineludible).

Perturbaciones sobre un medio.

La física nos ha ido mostrando progresivamente que el universo está hecho de elementos constituyentes, o sillares, cada vez más huidizos. Primeramente se vino abajo la antigua concepción de compacidad y solidez que aparentaba tener la materia, al descubrirse que ésta era en realidad un conglomerado de partículas (átomos y moléculas) más o menos próximas entre sí; y luego la propia idea de "materia" comenzó a resquebrajarse por insustancial, pasando a ser vista como una colectividad o sistema de átomos que en su mayor parte son espacio vacío. Posteriormente, los propios átomos y sus componentes subatómicas resultaron ser algo parecido a redes energéticas. Finalmente, los sillares del cosmos devienen en "campos cuánticos", siendo las partículas "epifenómenos" derivados de dichos campos (un epifenómeno es un fenómeno accesorio que acompaña al fenómeno principal y que no tiene influencia sobre este último). ¿Qué son los "campos"? No hay respuesta clara para esto. Últimamente se sabe que existen cuatro fuerzas fundamentales en nuestro universo, y cada una de ellas está asociada a un campo: electromagnetismo, gravitación, fuerza nuclear fuerte y fuerza nuclear débil. Ateniéndose al modelo estándar, se ha postulado, y confirmado en el CERN, la unión entre el campo electromagnético y el nuclear débil, resultando la fuerza "electrodébil" y, por ende, el campo del mismo nombre. Las teorías de gran unificación especulan con la posibilidad de encontrar en relativamente breve tiempo la forma de unificar las fuerzas electrodébil y nuclear fuerte, en la llamada fuerza "electronuclear" y obtener así el campo de dicho nombre. Finalmente, la llamada "teoría del todo", que está bastante lejos de ser satisfactoria, propone la unificación de la gravedad con la fuerza electronuclear, obteniéndose con ello el avistamiento de una única fuerza y un único campo, el singular sillar de todo nuestro universo.

Una razón importante por la que los físicos, y otros, se sienten inclinados a pensar en la fuerza o campo único es para obviar la incomodísima idea de la permeación (interpenetrabilidad) de unos campos con otros, que además suena a entelequia del todo irreal. Por otra parte, la marcha de los descubrimientos apuntan históricamente en el sentido de la unificación de campos (o fuerzas). Así que no es muy descabellado pensar que los sillares últimos de nuestro cosmos material corresponden tal vez a un solo espécimen, a un solo medio o substrato, sobre el cual acontecen perturbaciones que son interpretadas por nuestro sentido intelectual-perceptivo como partículas materiales. Si esto es así, y existen fuertes indicios de lo sea, todo nuestro mundo material y nosotros mismos no somos más que perturbaciones sobre un medio o substrato: una obra de ingeniería superlativa montada sobre una sinfonía de perturbaciones. Ello nos trae a la memoria, de manera resonante, como los ecos de un trueno lejano, las palabras profundas del profeta de la antigüedad registradas en las sagradas escrituras hebreas:

«¿Quién ha tomado las proporciones del espíritu de Jehová (el Todopoderoso), y quién como su



hombre de consejo puede hacerle saber algo? ¿Con quién consultó para que se le hiciera entender, o quién le instruye en la senda de la justicia, o le enseña conocimiento, o le hace conocer el mismísimo camino del verdadero entendimiento?... ¡Mira! Las naciones son como una gota de un cubo; y como la capa tenue de polvo en la balanza han sido estimadas. ¡Mira! Él alza las islas mismas como simple polvo fino. Ni siquiera el Líbano basta para que se mantenga ardiendo un fuego, y los animales salvajes de éste no bastan para una ofrenda quemada. Todas las naciones son como **algo inexistente** delante de Él; como nada y como **una irrealdad** Le han sido estimadas. ¿Y a quién podéis vosotros asemejar a Dios, y qué semejanza podéis poner al lado de Él?» (Isaías, capítulo 40, versículos 13 a 18).

Fenómenos emergentes.

El término "fenómeno" proviene del griego "phainomenon" (lo que se muestra, o lo que aparece), y designa, en general, todo lo que se manifiesta directamente a los sentidos humanos, o lo que puede ser objeto de una observación empírica (basada en la experiencia) humana. Se denominan "fenómenos naturales" a las formas en la que la naturaleza nos muestra su cualidad de cambio o de entidad en movimiento; las mareas, las lluvias, los sismos, los terremotos y los volcanes, son algunos de ellos. Y se llaman "fenómenos paranormales" a los hechos o situaciones que no logran explicarse de acuerdo con los principios científicos o racionales vigentes, tratándose, por lo tanto, de fenómenos que escapan de la normalidad y que generan todo tipo de hipótesis sin contrastar.

Existe un tipo de fenómeno que, sin ser paranormal, tampoco se puede explicar claramente usando los conocimientos científicos convencionales. Se ha denominado "fenómeno emergente" y se trata de un comportamiento colectivo que se observa en sistemas macroscópicos (a escala humana, por supuesto), especialmente detectables en conjuntos compuestos por muchos elementos, y que no se puede deducir reduciéndolo a sus elementos microscópicos constituyentes. Algunos de los ejemplos más emblemáticos de este tipo de fenómeno son: La vida, cuyo surgimiento no se comprende aunque conozcamos perfectamente las moléculas de ADN; la conciencia, la cual no se entiende aunque sepamos perfectamente cómo funciona una neurona; la sociedad (de seres humanos, animales o vegetales), incomprendible como simple suma de individuos. Todos estos problemas, tan diversos, tienen en común que el "todo" es más que la suma de las "partes"; y el comportamiento emergente surge de la interacción de los elementos constituyentes, entre ellos y con su entorno.

La mente es considerada por muchos como un fenómeno emergente, ya que surge de la interacción orquestada entre diversos procesos neuronales (incluyendo también algunos corporales y del medio ambiente) sin que pueda reducirse a ninguno de los componentes que participan en el proceso (ninguna de las neuronas por separado es consciente). El concepto de "emergencia" es muy discutido en ciencia y filosofía, debido a su importancia para la fundamentación del conocimiento y las



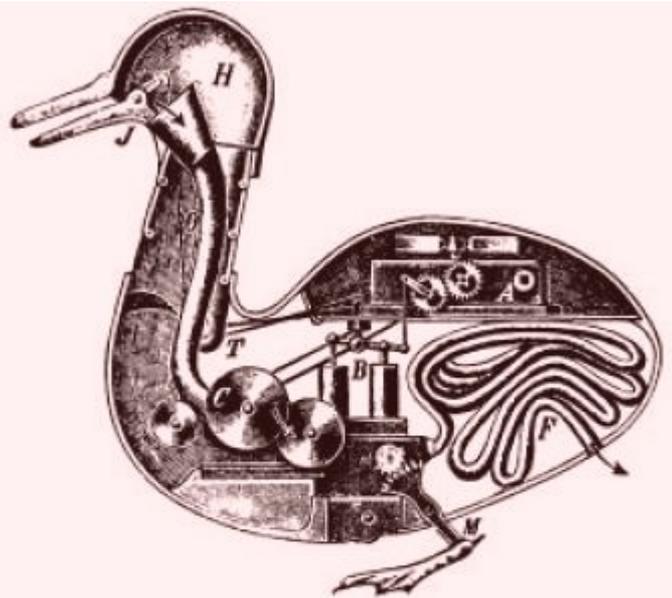
"Catedral" producida por una colonia de termitas. Según el emergentismo esta "catedral" no puede ser reducida a la suma de las aportaciones individuales de las termitas, ni puede predecirse su forma a partir de las propiedades conductuales de las termitas individuales.

posibilidades de reducción entre los diferentes saberes. Resulta igualmente crucial debido a las consecuencias e implicaciones que tiene para la percepción misma del ser humano y de su lugar en la naturaleza (los conceptos de libre albedrío, responsabilidad o consciencia dependen, en gran medida, de la posibilidad de la emergencia). El concepto ha adquirido renovada fuerza a raíz del auge de las ciencias de la complejidad, y juega un papel fundamental en la filosofía de la mente y en la meta-biología.

Si bien el emergentismo como postura filosófica presenta innumerables antecedentes históricos, no será hasta finales del siglo XIX y comienzos del XX cuando el concepto de "emergencia" (fenómeno emergente) se desarrolle explícitamente como tal, dando lugar a un prolongado y sofisticado debate. El origen de este debate se lo debemos a la polémica entre los vitalistas y los mecanicistas en la definición y caracterización de los fenómenos vivos, en el contexto del desarrollo de las ciencias químicas y la mecánica clásica). Los emergentistas se opusieron tanto a los vitalistas como a los mecanicistas: frente al vitalismo, negaron la existencia de sustancias, fuerzas o entidades de carácter sobrenatural como el "élan vital" (hipotética fuerza vital impulsora de la evolución biológica darwiniana de los organismos vivientes); frente al mecanicismo, se opusieron a la reducción de las propiedades de lo viviente a meros procesos químicos y mecánicos. "El todo", argumentaban, "es más que la suma de las partes".

En 1920 surgió la corriente de los emergentistas británicos, que sentaron las bases del debate moderno. Entre ellos destacaron Samuel Alexander (*Space, Time and Deity*, 1922), C. Lloyd Morgan (*Emergent Evolution*, 1923) y Charlie Dunbar Broad (*The Mind and its Place in Nature*, 1925). En su obra, Broad planteó el problema de la reducción, no sólo de algunas propiedades especialmente controvertidas (como la vida o la mente), sino de las propias disciplinas científicas entre sí. El concepto de emergencia se enmarcaba en la controversia sobre la posibilidad de la reducción de la psicología a la biología, de la biología a la química, y de ésta, finalmente, a la ciencia más fundamental, la física. Broad defendió que sólo hay dos opciones coherentes para el científico: el mecanicismo o el emergentismo. Para Broad, el mecanicismo concibe sólo un tipo de materia (o elemento constitutivo de la realidad) y una sola ley de composición de relación entre estos componentes y sus agregaciones de niveles superiores. Esto permite una reducción progresiva de unas ciencias a otras. Para el mecanicismo, por tanto, todas las ciencias son estudios de casos particulares de la física, ciencia última y universal cuyas leyes definen la unidad ontológica de toda realidad. El emergentista, en cambio, aunque coincide en la existencia de una última y única sustancia física, considera que esta materia se organiza en niveles caracterizados por propiedades específicas no reducibles a los niveles inferiores. Más concretamente, para Broad, una propiedad de una estructura E es emergente si y sólo si no puede ser deducida del conocimiento más completo posible de las propiedades de sus compuestos tomados aisladamente o integrados en otros sistemas diferentes a E.

A pesar del auge de los emergentistas británicos durante los años 1920, el concepto fue perdiendo fuerza en la década de los 1930 debido, según McLaughlin (1992), al desarrollo de la mecánica cuántica (que permitía dar razón de las reacciones químicas en términos subatómicos) y, posteriormente, de la biología molecular (que prometía dar cuenta de los fenómenos vivos en términos de sus componentes moleculares). Otro factor determinante para la caída del emergentismo, según Kim (1999), fue la influencia del positivismo lógico en filosofía y en psicología. El marcado carácter reduccionista y anti-metafísico de esta escuela filosófica buscaba eliminar toda referencia a concep-



El emergentismo se opone al reduccionismo cuya versión mecanicista defiende que la organización biológica es esencialmente de carácter mecánico y cualitativamente similar a la de los autómatas y mecanismos contruidos por el ser humano.

tos metafísicos. Un ejemplo palpable es el del reduccionismo conductista, que evita hacer alusión a términos mentalistas que no sean directamente definibles en términos conductuales. Sin embargo, durante los años 1970 y 1980, el emergentismo volvió a renacer de la mano de posturas filosóficamente más sofisticadas en relación al problema mente-cuerpo y la fundamentación de la psicología (en concreto el funcionalismo) que desbancaron al fisicalismo reduccionista que defendían algunos positivistas lógicos. También el auge de las ciencias de la complejidad (vida artificial, biología de sistemas, teoría del caos, etc.) y las simulaciones por ordenador de propiedades sistémicas han dado lugar a un nuevo interés por el término.

El concepto de emergencia puede implicar aspectos tan variados como la naturaleza cuántica de los procesos físicos, la capacidad de generar modelos simulados por ordenador, la relación entre la perspectiva fenomenológica (subjetiva) y fenomenológica (objetiva) de la realidad o propiedades matemáticas como el caos. Además, el concepto se aplica a ámbitos del conocimiento tan diferentes como la psicología o la termodinámica. La diversidad de teorías de la emergencia y sus aplicaciones es, por tanto, enorme y difícil de sintetizar. Podemos, sin embargo, profundizar en el concepto de emergencia resaltando ciertas características comunes a las diversas posturas emergentistas y distinguiendo diversos tipos de emergencia.



Una característica común a todas las posturas emergentistas es una combinación de naturalismo y antirreduccionismo: de acuerdo con el naturalismo, no existen sustancias sobrenaturales o especiales que no puedan explicarse científicamente; y de acuerdo con el antirreduccionismo, existen propiedades de nivel superior que no pueden reducirse a las del nivel inferior. Compaginar ambas posturas es una de las mayores dificultades del emergentismo. Dependiendo del concepto de reducción y de sustancia o componente natural, se definirán unas u otras formas de emergentismo. Por ejemplo, el filósofo y científico Mario Bunge (1977), se considera a sí mismo emergentista en oposición a la reducción por separación de componentes (al modo de un ingeniero mecánico) y define como emergente toda propiedad sistémica de carácter holista (concepción del objeto de estudio como un todo, distinto de la suma de las partes que lo componen). Sin embargo, según algunas concepciones del reduccionismo, como la de Nagel (1960), Bunge no sería un emergentista, sino más bien un reduccionista, ya que, a pesar de invocar la naturaleza holística de algunas propiedades, éstas serían, en última instancia, redefinibles en términos de una teoría más general.

El emergentismo, como postura filosófica, es inaceptable para el apologista de la sagrada escritura, puesto que el criterio emergentista se apoya en el naturalismo y éste niega toda incursión sobrenatural (no explicable por medios científicos humanos presentes o futuros) en los desenvolvimientos terrestres y cósmicos. Por ejemplo, para el filósofo naturalista el fenómeno de la vida carece de explicación trascendente, en el sentido de que ésta haya sido el producto de la obra creativa de un Sumo Hacedor, y defiende la idea de que la vida se presentó en el escenario por el concurso de causas puramente naturales, aunque las mismas sean desconocidas al presente de forma detallada. Por consiguiente, para un naturalista es mucho más fácil aceptar la doctrina evolucionista que lo que dice el Génesis respecto a los llamados "días creativos".

Ahora bien, el caso es que si hacemos distinción entre "emergentismo naturalista" y "emergentismo holista" (no naturalista), entonces podemos obviar la componente atea y materialista que impregna

al emergentismo ortodoxo o académico y posicionarnos sobre un emergentismo holístico que no detrae a priori del relato creativo del Génesis. El holismo (del griego "yólos": "todo, por entero, totalidad") es una posición metodológica y epistemológica que postula cómo los sistemas (ya sean físicos, biológicos, sociales, económicos, mentales, lingüísticos, etc.) y sus propiedades, deben ser analizados en su conjunto y no sólo a través de las partes que los componen, y peor aún consideradas éstas separadamente. Analiza y observa el sistema como un todo integrado y global que en definitiva determina cómo se comportan las partes, mientras que un mero análisis de éstas no puede explicar por completo el funcionamiento del todo. El holismo considera que el "todo" es un sistema más complejo que una simple suma de sus elementos constituyentes o, en otras palabras, que su naturaleza como ente no es derivable de sus elementos constituyentes. El holismo defiende el sinergismo entre las partes y no la individualidad de cada una. El vocablo "sinergia" (sinergismo) proviene de una palabra griega que significa "cooperación", y se refiere a la acción de dos o más causas cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales, usándose en biología para describir el concurso activo y concertado de varios órganos para realizar una función.

En el campo científico, el reduccionismo es a menudo considerado el opuesto del holismo. El reduccionismo científico postula que un sistema complejo puede ser explicado mediante una simple reducción del mismo a las partes que lo componen. Por ejemplo, los procesos biológicos son reducibles a la química, y las leyes de la química son explicadas por la física. Pero desde una perspectiva holista, por el contrario, los sistemas funcionan como conjuntos y su funcionamiento no puede ser plenamente comprendido si sólo se tienen en cuenta sus partes componentes.

En consecuencia, si bien en principio sigue siendo útil dividir un problema en partes más sencillas para así atacar y resolver cada una de ellas en forma separada e independiente, este enfoque tiene sus limitaciones, pues si se aplica indiscriminadamente, lastimosamente habrá relaciones y efectos importantes que quedarán afuera, sin explicar, sin comprender, sin solucionar, sin cuantificar, sin describir.

Para el apologista de la sagrada escritura (quien sin duda percibe que los enfoques holista y anti-reduccionista tienen su lugar de honor en la descripción y estudio de la naturaleza), la perspectiva o punto de vista emergentista-holístico es provisionalmente aceptable (mientras no exista otro prisma mejor). Por consiguiente, en lo sucesivo, cuando hagamos referencia a los fenómenos emergentes, estaremos adoptando, pues, un enfoque antirreduccionista y holista (las emergencias holísticas), pero nunca naturalista.

En el estudio y la investigación de los fenómenos que presenta la realidad es natural que la mente humana adopte el denominado "método analítico", entendido como la descomposición de un fenómeno en sus elementos constitutivos, para poder acceder al conocimiento de las diversas facetas de la realidad. De otro modo, no centraría la atención en un determinado elemento, al que acceder con el intelecto, y permanecería en un estadio superficial de sabiduría. Pero si se prolonga invariablemente en la situación de análisis, se hará reduccionista, por perder la visión de conjunto. En consecuencia, lo recomendable es compaginar el análisis con la "síntesis" (es decir, con el método sintético, holista) para así enriquecer la investigación y avistar hechos y propiedades que sólo emergen al contemplar el todo.

El emergentismo diferencia entre los niveles micro y macro en un proceso autoorganizado. Se considera que de las interacciones locales entre los componentes de una red (nivel micro) emerge una estructura o patrón global (nivel macro). Por ejemplo, un huracán puede considerarse un proceso emergente, donde el nivel micro está constituido por las moléculas de aire en movimiento y el nivel



Algunos autores consideran que los sistemas autoorganizados (como un tornado) son ejemplos paradigmáticos de fenómenos emergentes. Se distingue entre el nivel micro (compuesto en el caso del tornado por las moléculas de aire) y el nivel macro (constituido por el vórtice que forma el tornado).

macro por el patrón en espiral que observamos.

Los fenómenos emergentes están generalmente asociados a la novedad o la sorpresa y a la impredecibilidad de su aparición, dado un estado previo. Sin embargo, para muchos autores, la novedad o la impredecibilidad supone un criterio demasiado débil para la emergencia. Que algo sea novedoso o impredecible es una propiedad relacional entre el observador y el fenómeno observado, pues algo puede resultar novedoso la primera vez que se observa pero absolutamente predecible después de familiarizarse uno con el fenómeno. Además, según se vaya estudiando la naturaleza de los procesos emergentes y se vayan clasificando, la impredecibilidad tal vez podría dejar de ser un factor determinante de la noción de emergencia. Por otro lado, podemos intentar entender la impredecibilidad a través de la teoría del caos determinista. En este caso, un sistema puede pasar por estados caóticos pero también por otros no caóticos y fácilmente predecibles, lo que haría que el mismo sistema fuera emergente y no-emergente dependiendo del momento en que se encuentre. Por tanto, y en relación a la impredecibilidad, lo importante para una caracterización adecuada de la emergencia es su impredecibilidad esencial (es decir, independiente de la falta de conocimientos previos o de la falta de capacidad de cálculo del observador humano).



El término "emergencia" se ha utilizado para describir fenómenos muy diversos que, en muchos casos, no pueden considerarse estrictamente emergentes (lo son sólo en apariencia, o bien en relación a una teoría considerada incompleta). Para distinguir ambos tipos de fenómenos emergentes, se han acuñado los términos de emergencia débil y emergencia fuerte.

Se habla de "emergencia débil" cuando existen propiedades que son identificadas como emergentes por un observador externo, pero que pueden explicarse a partir de las propiedades de los constituyentes primarios del sistema. Es el caso de la cristalización (congelación) de las moléculas de agua: las cualidades del cristal no pertenecen ni al hidrógeno ni al oxígeno, pero pueden explicarse y predecirse a partir de ellos. En muchos casos, a los fenómenos de emergencia débil se los denomina "epifenómenos", ya que se consideran una construcción lógica del observador que no tiene consecuencias causales en la realidad (por encima de las que pueden explicarse en relación a sus componentes). El ejemplo del tornado, mencionado anteriormente, sería considerado por muchos como un ejemplo de emergencia débil.

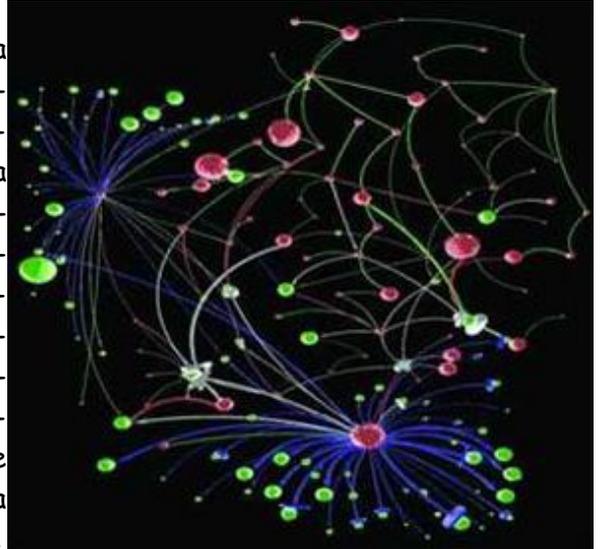
La "emergencia fuerte" hace referencia a propiedades independientes de toda observación y con "poderes" causales propios. Se trata de propiedades intrínsecas al sistema y que actúan con los otros constituyentes del mismo de un modo original. La emergencia de la vida a partir de lo inanimado, o de la mente a partir del sistema nervioso, son los ejemplos clásicos de emergencia fuerte. Así, por ejemplo, se habla de "causalidad descendente" (término acuñado por Donald Campbell en 1974) cuando las propiedades del nivel emergente tienen efectos causales sobre las propiedades o procesos de nivel inferior. El uso del concepto de "causalidad descendente" se ha extendido al ámbito de la filosofía de la mente y se usa para hacer referencia al poder causal de propiedades mentales, como la intencionalidad o el deseo, sobre las físicas; por ejemplo, el efecto causal de la intención de mover un objeto (nivel emergente, psicológico o mental) sobre la posición del objeto (nivel inferior, físico).

El concepto de emergencia puede definirse en función de criterios ontológicos (relativos a la estructura de la realidad misma) o epistemológicos (relativos a la capacidad del ser humano de conocer esa realidad). La "emergencia epistemológica" hace referencia a la imposibilidad del observador de predecir el surgimiento de propiedades nuevas en el sistema que estudia. Cariani (1989, 1991) ha definido este tipo de emergencia como emergencia en relación a un modelo. Según esta concepción, dado un modelo del funcionamiento de un sistema, se da un fenómeno emergente si para predecir su comportamiento adecuadamente es necesario introducir un nuevo elemento o propiedad en el modelo (que no sea la mera combinación de sus elementos anteriores).

La "emergencia ontológica" contempla el problema desde la perspectiva de las propiedades intrín-

secas del sistema, independiente de su relación epistémica con un sujeto. Según esta concepción, el mundo físico está constituido por estructuras físicas, simples o compuestas, pero estas últimas no son siempre meros agregados de las simples. Los distintos niveles organizativos tienen una autonomía tanto esencial como causal, que requerirá tanto conceptos como leyes distintas. Muchos autores consideran que la emergencia epistemológica es un tipo de emergencia débil, ya que depende de las capacidades predictivas del observador. Sin embargo, el problema radica en la imposibilidad de decir algo sobre la realidad si no es presuponiendo un aparato teórico y la dificultad de distinguir, en última instancia, entre qué propiedades son epistemológicas y cuáles ontológicas.

Se llama "emergencia diacrónica" a la que es concebida desde el punto de vista diacrónico, como una relación temporal entre los estadios que un sistema atraviesa desde un estadio simple a otro complejo. En este contexto, la emergencia se identifica con la impredecibilidad: las propiedades emergentes son propiedades de los sistemas complejos que no pueden ser predichas a partir del estado pre-emergente. La impredecibilidad es una propiedad epistemológica, pues no implica indeterminismo. Mark Bedau (1997) define este tipo de emergencia como "emergencia débil": en estos casos, los estados macroscópicos pueden deducirse (no siempre predecirse con exactitud) a partir del conocimiento de la microdinámica del sistema y de las condiciones externas, pero sólo mediante su simulación. Es el caso de los sistemas caóticos, cuya no-linealidad les hace sensiblemente dependientes de las condiciones iniciales.



Se llama "emergencia sincrónica", o dada desde el punto de vista sincrónico, a la emergencia que se define en el contexto de las relaciones entre los niveles micro y macro de un sistema. Desde esta perspectiva, la emergencia se identifica con la irreducibilidad conceptual: las propiedades y leyes emergentes son rasgos sistémicos de sistemas complejos gobernadas por leyes irreducibles a las de la física por razones conceptuales (tales patrones macroscópicos no pueden ser aprehendidos por los conceptos y la dinámica de la física). Éste es el tipo de emergencia definido por Paul Teller y Andy Clark. Para Paul Teller (1992), una propiedad es emergente si y sólo si no es explícitamente definible en términos de las propiedades no relacionales de cualquiera de las partes del objeto en cuestión. Andy Clark (1996) sugiere que un fenómeno es emergente sólo en el caso de que sea mejor comprendido atendiendo a los valores cambiantes de una variable colectiva. Una "variable colectiva" es aquella que dibuja el patrón resultante de las interacciones entre múltiples elementos de un sistema (en teoría de sistemas dinámicos, la variable colectiva es también llamada "parámetro de control"). Cuando la variable colectiva incluye elementos tanto internos como externos al sistema, estamos ante un fenómeno de emergencia interactiva (Hendrick & Jansen, 1996).

Gran parte de la filosofía analítica define la emergencia en términos de "superveniencia": un grupo de propiedades X (nivel macro o emergente) superviene (acaece, sobreviene o sucede a partir de...) de un grupo de propiedades Y (nivel micro) cuando las propiedades del grupo X están determinadas por las del grupo Y. Varios autores se han opuesto a la definición de la emergencia como superveniencia, entendiendo que la relación entre propiedades primitivas y emergentes no tiene porqué ser unívocamente causal: Timothy O'Connor (2000) acude a la indeterminación cuántica, pues si los fenómenos cuánticos no están determinados, entonces los fenómenos que siguen a un estado indeterminado pueden ser diversos. Así, un electrón puede ser onda o partícula (propiedades emergentes) a partir de un mismo estado de indeterminación (propiedades pre-emergentes).

Paul Humphreys (1997) define las propiedades emergentes como resultado de una "fusión" entre entidades primitivas que, al formar parte de una unidad superior y dejar de existir como unidades separadas, pierden algunos de sus poderes causales, mientras que las unidades emergentes adquieren otros

nuevos. La emergencia no es aquí superveniencia, pues las condiciones basales no coexisten con el rasgo emergente.

Sin duda, el fenómeno emergente que más literatura ha producido es el de la mente y la consciencia. El propio Stuart Mill consideraba que las sensaciones (como el sabor o el olor) eran propiedades últimas no reducibles a las propiedades físicas de los objetos. Hoy en día se sigue defendiendo por mayoría que la mente es un fenómeno emergente (Searle 1992, 1999).

Independientemente de las controversias y disputas que se susciten alrededor de los fenómenos que se consideraran "emergentes", una cosa parece estar clara. Es el hecho de que la ciencia actual es incapaz de explicar determinados fenómenos complejos a partir de los elementos simples que integran dicha complejidad, por muy bien que se encuentren escudriñados éstos. Y si ello es culpa de la incapacidad humana para comprender la realidad en su totalidad o en su cuasi totalidad o por el contrario es una característica esencial de dicha realidad, no se sabe con certeza. Hasta podría ocurrir que fuera una mezcla de ambos aspectos. Quizás ni las criaturas sobrehumanas de las que habla la sagrada escritura, a pesar de su inconmensurable sapiencia en comparación con los simples humanos, sean capaces de desentrañar completamente la intrínquilis de la fenomenología emergente, salvo el Creador de la realidad, el Dios Todopoderoso. Tal vez por ello, sólo Jehová Dios, el Altísimo, posee la herramienta cognitiva plena para predecir el futuro con cualquier grado de aproximación y llegar (si lo desee) al límite de dicha aproximación; habida cuenta de que el futuro viene aclimatado al desarrollo, en la corriente del tiempo, de una ingente cantidad de fenómenos emergentes.



Metafenómenos.

Como hemos dicho, la ciencia actual es incapaz de explicar determinados fenómenos complejos a partir de los elementos simples que integran dicha complejidad, por muy bien que se encuentren escrutados éstos; y parece que ni las criaturas sobrehumanas, de las que habla la sagrada escritura, cuya sapiencia es inconmensurable en comparación con la de los seres humanos, son capaces de descifrar completamente la realidad emergente que los inunda también a ellos, salvo el Creador de la realidad, Jehová Dios, el Todopoderoso. Por lo tanto, para desmarcarnos de la especulativa problemática emergentista y epifenoménica que trae de cabeza a muchos teóricos, con sus controversias concomitantes irresueltas, pero sabiendo no obstante que tenemos que tomar en cuenta esa clase de fenómenos emergentes porque a todas luces se presentan ante nosotros y no podemos eludirlos, acuñaremos el término "metafenómeno" para referirnos a groso modo a esa clase de fenómenos emergentes y controversiales.

La palabra "metafenómeno" es la fusión de los vocablos griegos "meta" (más allá de) y "fenómeno". Así, un "metafenómeno" es un fenómeno real que está más allá, o por encima, del nivel organizativo de otros fenómenos igualmente reales que lo soportan. La sagrada escritura nos permite notar que existen metafenómenos "creativos", entre otros muchos, los cuales sólo Dios puede hacer que existan en determinados niveles de diseño y complejidad. Por ejemplo, la vida es uno de ellos; y la vida compleja más aún, pues viene diseñada a la imagen y semejanza de Dios, como en el caso de las criaturas humanas y angélicas: un metafenómeno creativo de tan altísimo nivel que sólo el Todopoderoso puede causarlo.

Ahora se comprende que el Creador haya dado normas morales para regular la realidad de la vida social de sus criaturas terrestres inteligentes, en el nivel metafenoménico que se puede identificar con lo que comúnmente llamamos "sociedad humana". Dicha sociedad se puede considerar como un metafenómeno que se soporta (superviene) sobre elementos o fenómenos de más bajo nivel, como son los individuos humanos, aglutinados e interactivos. A su vez, cada individuo humano es un metafenómeno que se

soporta sobre unidades celulares organizadas; y las unidades celulares se soportan sobre unidades moleculares; y las unidades moleculares se soportan sobre unidades atómicas, y éstas sobre micropartículas, y éstas son metafenómenos del campo cuántico, supuestamente unificado, y así sucesivamente, sin presumible final. De hecho, puede que no exista un final, pues la hipótesis del continuo (teoría matemática del número y la recta reales) nos permite vislumbrar un infinito descendente hacia la nulidad que, de ser cierto en la realidad, entonces sólo el Todopoderoso podría comprenderlo a cabalidad.

El metafenómeno "tiempo".

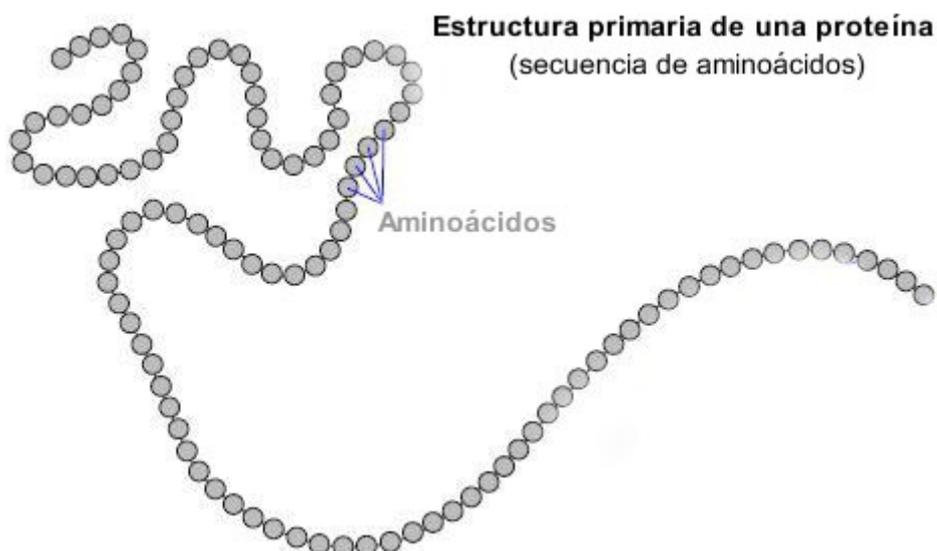
En la monografía G086 (El Dios emotivo) aparecerá el siguiente comentario, en la página 52: *"Siempre se había creído que la diferencia abismal que nos separa de los demás seres vivos de la biosfera terrestre debería reflejarse, al menos, en el estudio comparativo de la morfología interior de las distintas especies y en el genoma. Pero no ha resultado ser así, en absoluto. El avance de la biología nos ha revelado que diferencias infinitesimales en la composición de un determinado sillar orgánico pueden dar lugar a fenómenos fisiológicos y morfológicos posteriores muy diferenciados (a veces, hasta inconexos) entre sí".*



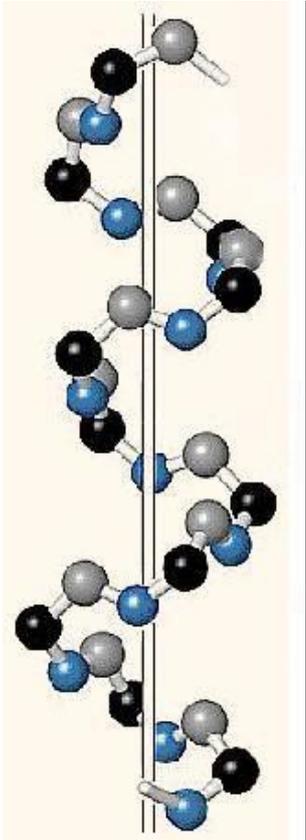
Entonces, en la misma monografía, después de hablar de la estructura primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria de las proteínas corporales, en la página 54 hablará de los "priones", diciendo: *«De un tiempo a esta parte, los científicos han centrado su atención en una enfermedad que algunos achacan a una forma anormal de una proteína llamada "prión". Se cree que tal enfermedad se origina cuando los priones defectuosos entran en contacto con los priones normales, obligando a estos últimos a cambiar su configuración. Como consecuencia, se desata una reacción en cadena que propaga la enfermedad y genera nuevas proteínas infecciosas».*

¿Hasta qué punto es ínfima y sutil la alteración microscópica proteínica que provoca la enfermedad priónica, y hasta qué grado dicha enfermedad se manifiesta macroscópicamente en forma de cuadro morboso extremadamente notorio y perjudicial? Veamos.

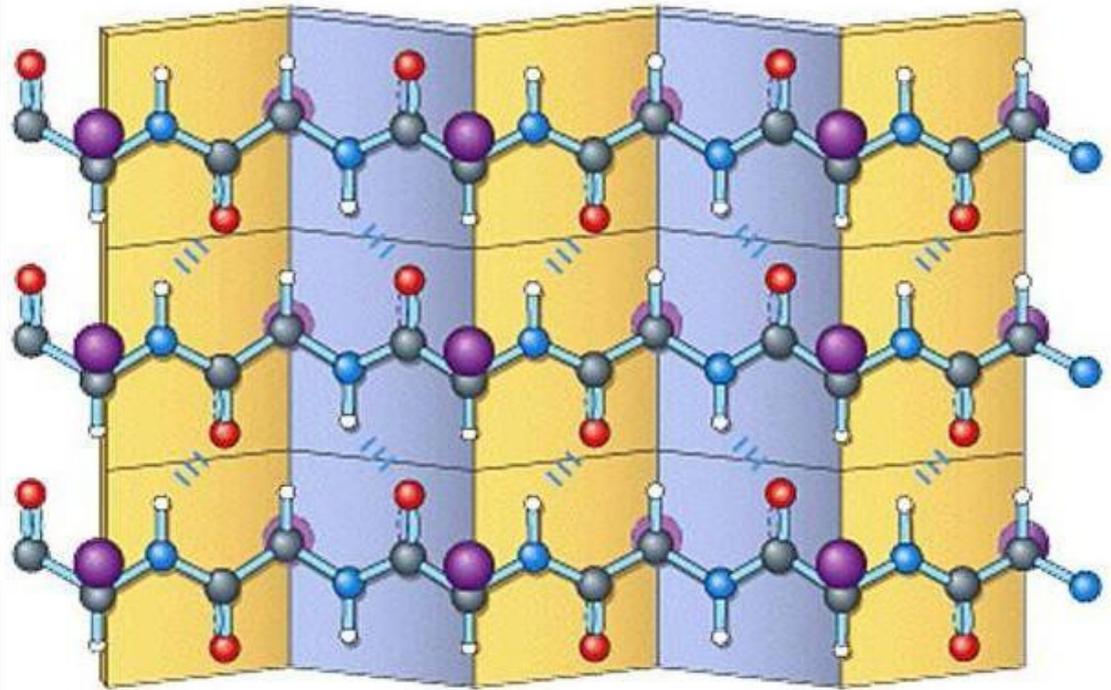
La estructura primaria de una proteína es la forma de organización más básica de las proteínas. Este tipo de estructura de las proteínas está determinada por la secuencia de aminoácidos de la cadena proteica, es decir, el número de aminoácidos presentes y el orden en que están enlazados por medio de enlaces peptídicos. Las cadenas laterales de los aminoácidos se extienden a partir de una cadena principal. La conformación espacial de una proteína está determinada, no por su estructura primaria, sino por la estructura secundaria y terciaria de la misma. La asociación de varias cadenas polipeptídicas origina un nivel superior de organización: la llamada "estructura cuaternaria".



La estructura secundaria de las proteínas es el plegamiento regular local entre residuos aminoácidos cercanos de la cadena polipeptídica. Este tipo de estructura de las proteínas se adopta gracias a la formación de enlaces (o puentes) de hidrógeno entre los grupos carbonilo (-CO-) y amino (-NH-) de los carbonos involucrados en las uniones peptídicas de aminoácidos cercanos en la cadena. Éstos también se encuentran en forma de espiral aplanada. Así, pues, en la estructura secundaria, el plegamiento inicial de las proteínas incluye dos ordenamientos espaciales (aspectos geométricos tridimensionales) básicos, a saber: la hélice-alfa (α) y la lámina plegada u hoja-beta (β).



Hélice-alfa

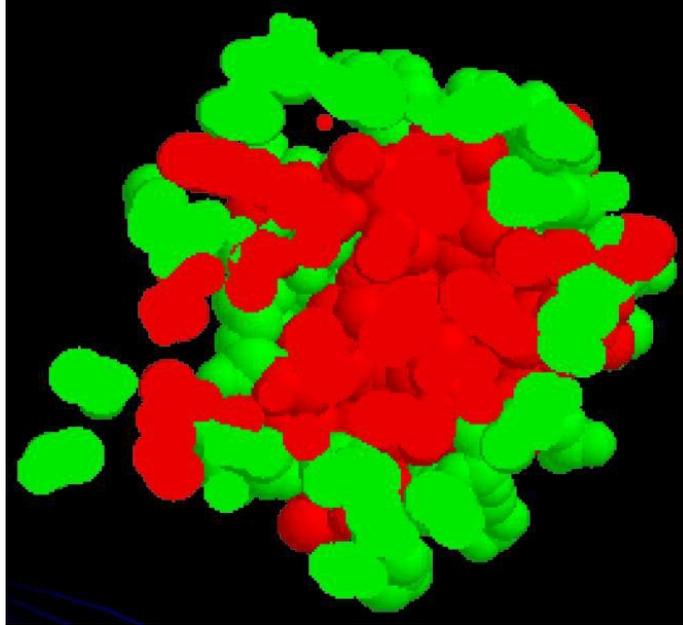


Hoja-beta

Se denomina "estructura terciaria" de una proteína a una distribución tridimensional más general o global que la correspondiente a la estructura secundaria, la cual atañe a todos los átomos que constituyen la proteína. Se puede afirmar que de la estructura terciaria derivan las propiedades biológicas de la proteína en cuestión, puesto que la disposición en el espacio de los diferentes grupos funcionales de la ésta condiciona su capacidad de interacción con otros grupos y ligandos. De esta manera, la estructura primaria (secuencia de aminoácidos) de la proteína afecta su estructura terciaria. Además, la estructura terciaria de una proteína está generalmente conformada por varios tramos con estructuras secundarias distintas. En cuanto a los niveles de la estructura de las proteínas, en la estructura terciaria generalmente los aminoácidos apolares se sitúan hacia el interior de la proteína y los polares hacia el exterior, de manera que puedan interactuar con el agua circundante. La estructura terciaria de las proteínas está afianzada por 5 clases de interacciones: enlaces o puentes de disulfuro, enlaces o puentes de hidrógeno entre cadenas laterales, interacciones iónicas, interacciones de van der Waals y el efecto hidrofóbico (exclusión de las moléculas de agua evitando su contacto con los residuos hidrofóbicos, que quedan empaquetados en el interior de la estructura). Las interacciones entre las cadenas laterales de los residuos de la proteína dirigen al polipéptido para constituir una estructura compacta.

En la figura siguiente se muestra, dentro de la estructura terciaria, cómo el factor más importante que determina que la clase de proteínas denominadas "globulares" adquieran su típica estructura condensada es la tendencia de los aminoácidos apolares a acumularse en el corazón de la proteína para quedar protegidos del contacto con agua (efecto hidrofóbico). Esta figura muestra la molécula de la

"mioglobina" en un corte transversal, para mostrar los aminoácidos apolares en color rojo. Nótese como los aminoácidos con cadenas laterales polares (en verde) forman una cubierta polar que tiende a aislar el centro, no polar, del contacto con el ambiente hidrofílico celular:

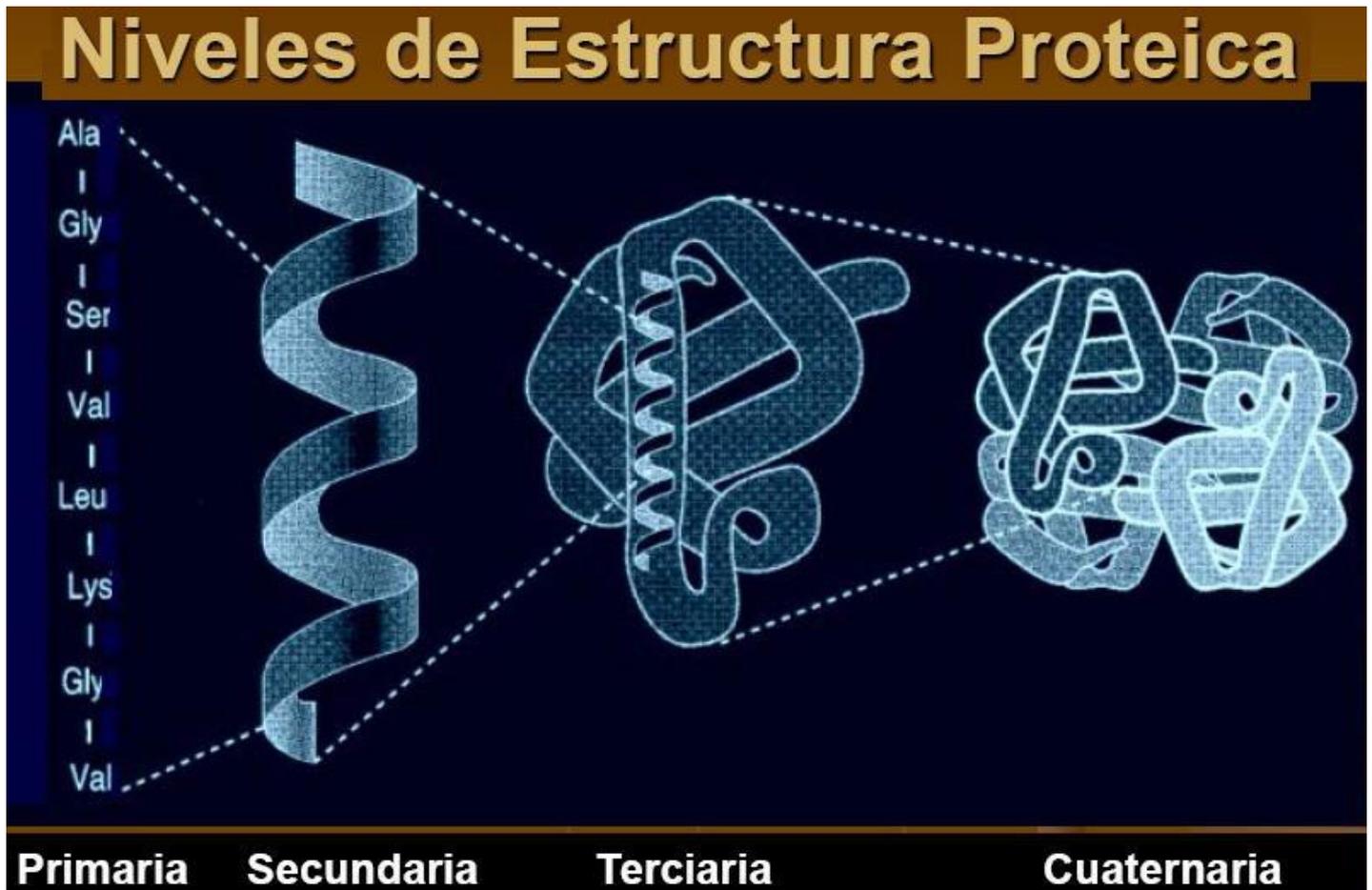


En cuanto a los niveles estructurales de las proteínas, pueden existir grados más amplios que los normales (es decir, niveles superiores a los correspondientes a las estructuras primaria, secundaria y terciaria). Comprenderían la gama de proteínas "oligoméricas", o aquellas que constan de más de una cadena polipeptídica. Así, la llamada "estructura cuaternaria" consiste en la conjunción de varias cadenas aminoácidas que gracias a su unión realizan procesos de gran complejidad. A través de la organización proteica cuaternaria se forman estructuras de gran importancia biológica, como los microtúbulos, microfilamentos, capsómeros de virus y complejos enzimáticos. También las fibrillas colágenas, encontradas en el espacio extracelular del tejido conjuntivo, están constituidas por la agregación de cadenas polipeptídicas de tropocolágeno. La Hemoglobina de la sangre proporciona otro ejemplo muy bien estudiado.



En la figura inmediata superior tenemos el ejemplo más clásico de proteína con estructura cuaternaria: la Hemoglobina. Se trata de una proteína tetramérica (de 4 polímeros o grandes cadenas, que

en la imagen aparecen en color azul claro y azul oscuro, alternativamente), cuya función es el transporte de oxígeno. Este transporte está regulado a través de leves modificaciones en la estructura cuaternaria de la hemoglobina. La hemoglobina puede existir en dos estados diferentes, T y R. El estado T corresponde a la desoxihemoglobina, y el estado R a la oxihemoglobina. Esta última está cargada con oxígeno molecular (O_2). La estructura la forman cuatro cadenas polipeptídicas (globinas), dos subunidades "a" iguales y dos subunidades "b", también iguales, a cada una de las cuales se une un grupo "hemo" (en color violeta), cuyo átomo de hierro es capaz de unirse de forma reversible al oxígeno. A pesar de ser distintas, las subunidades "a" (141 aminoácidos) y "b" (146 aminoácidos) son muy parecidas entre sí en su secuencia y en su estructura tridimensional.



Según "Uruguay Educa" (portal educativo de Uruguay en Internet, de la Administración Nacional de Educación Pública uruguaya), Los priones son proteínas capaces de adoptar dos formas diferentes, una forma "normal" y otra desplegada. Esto no debería extrañarnos, ya que muchas proteínas son flexibles y adoptan formas diferentes. Sin embargo, los priones tienen otra característica inusual: la forma desplegada de un prión puede forzar a otros priones a adoptar la misma forma. De esta manera, unos pocos priones desplegados pueden "corromper" a toda una población de priones normales convirtiéndolos uno a uno a la forma desplegada. Esto puede acarrear mortíferas consecuencias, si los niveles de proteínas desplegadas se disparan. Por ejemplo, el despliegue de la proteína priónica PrP causa desórdenes neuronales fatales en humanos y en otros mamíferos: la conocida "Encefalopatía espongiiforme bovina", o la "enfermedad de las vacas locas". Para empeorar las cosas, los priones desplegados son infecciosos, con lo que una pequeña cantidad de estas moléculas es capaz de invadir y corromper a todo el organismo.

La forma normal de la proteína priónica PrP (mostrada en la figura siguiente) se encuentra sobre la superficie de las células nerviosas, pero cuando cambia al estado desplegado forma largas fibrillas que obstruyen el funcionamiento normal del cerebro. La infección ocurre cuando una pequeña cantidad de proteínas priónicas desplegadas son ingeridas o ingresan accidentalmente al torrente sanguíneo a través de una herida. Un ejemplo temprano y bien documentado de sus efectos devastadores tuvo lugar

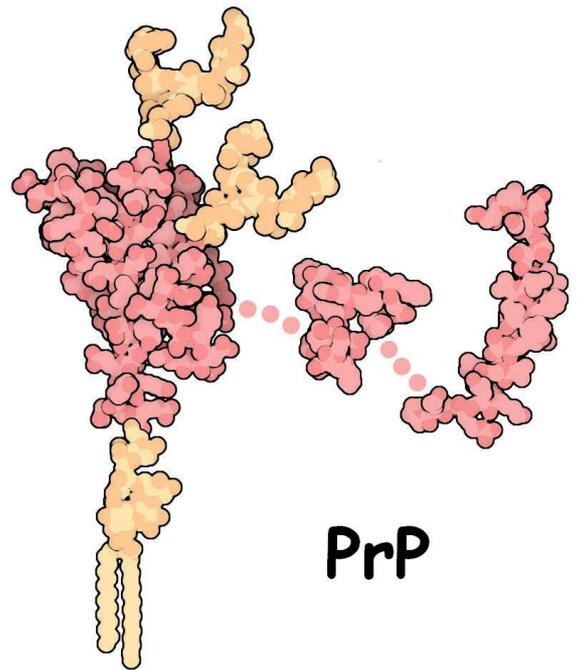
en una población nativa de Papúa Nueva Guinea, donde el canibalismo ritual era parte de las ceremonias fúnebres. La epidemia comenzó probablemente cuando una persona enfermó de forma espontánea (ocasionalmente el PrP adopta la forma patógena sin necesidad de ser inducido por otro prión desplegado, dando lugar a alguno de los esporádicos casos aislados de la enfermedad). Los priones desplegados se diseminaron en la comunidad cuando el cadáver del primer enfermo fue devorado en su funeral. Más recientemente ha surgido una fundada sospecha de que los priones responsables de la "enfermedad de las vacas locas" pueden transmitirse a los humanos que ingieren la carne de un animal infectado. La proteína PrP del ganado vacuno es muy similar a la humana, y algunos casos de este tipo de infección entre especies han sido detectados.

El prión Prp normal es una proteína flexible, compuesta por varias partes. En la imagen de la derecha, la subunidad mayor (a la izquierda) está unida a un lípido en la base, que normalmente es el sector de anclaje de la proteína a la superficie de las células nerviosas, y dos cadenas de carbohidratos (en color anaranjado). El resto de la cadena proteica es altamente flexible, y dos de sus porciones han sido estudiadas mediante espectroscopia RMN (resonancia magnética nuclear). A resulta de años de intensos estudios, el PrP aún guarda muchos misterios. Fue encontrado en células nerviosas, pero su función es aún materia de conjeturas. Es más, los investigadores aún no han determinado la estructura del estado infeccioso del prión Prp desplegado. Sin embargo, la estructura mostrada a continuación (figura de abajo, a la derecha), podría darnos cierta idea de lo que estaría ocurriendo.

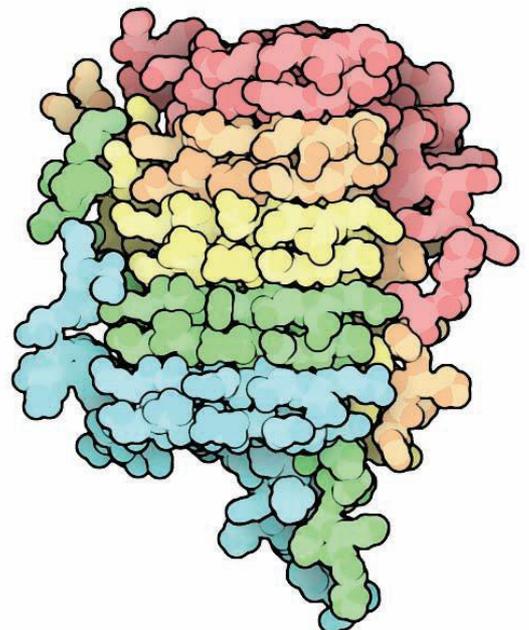
La naturaleza siempre nos da sorpresas (de hecho, la Ciencia podría ser considerada como una lucha perenne por descubrir lo que hay más allá de la apariencia del mundo que nos envuelve) y los priones no son la excepción. Aunque causan terribles enfermedades en humanos y otros mamíferos, son utilizados para tareas específicas en otros organismos. Por ejemplo, algunos hongos producen la proteína priónica HET-s, mostrada abajo a la derecha en su forma desplegada. Dicha proteína juega un papel altamente especializado en el crecimiento de los hongos. Algunos individuos de entre los hongos portan un tipo de HET-s que sólo adopta una forma, mientras que otros llevan una versión ligeramente diferente de la proteína capaz de adoptar las dos formas. Cuando las colonias vecinas se encuentran, a menudo se produce la fusión de células (se forman grandes células polinucleares). Pero estas células mueren si tienen formas incompatibles de la proteína HET-s. Esto puede constituir una ventaja adaptativa, ya que fuerza la diversidad de la población, manteniendo algunas colonias separadas y tal vez limitando la diseminación de infecciones virales.

En su estado desplegado, los priones adoptan la forma de fibrillas resistentes. Una aproximación a la estructura de estas fibrillas puede verse en la figura que encabeza la página siguiente. En el modelo, se incluye parte de la proteína HET-s de los hongos. Seis cadenas proteicas se apilan para formar una larga estructura solenoidal. Los aminoácidos hidrofóbicos (en blanco) están empaquetados en un hueco triangular y contribuyen a estabilizar la totalidad de la estructura.

Es interesante percatarse de que la estructura proteica primaria de los priones normales y desplegados prácticamente no revela nada acerca de las terribles diferencias en-



PrP





entre ambos, así como apenas lo hace la estructura secundaria contrastada de los mismos. Es sólo a partir de la estructura terciaria cuando se empieza a poner de manifiesto la diferencia; es decir, a medida que se avanza hacia los niveles de organización macroscópicos. ¿Qué ocurre cuando se alcanza el nivel normocósmico, esto es, el nivel de apreciación a simple vista humana?

Según el Área de Epidemiología Aplicada del Centro Nacional de Epidemiología, del Instituto de Salud Carlos III de Madrid (España), año 2008, Las encefalopatías espongiformes transmisibles (EET) o prionopatías son un grupo de enfermedades neurodegenerativas causadas por un agente patógeno transmisible que afectan tanto al hombre como a los animales. En humanos, este grupo de enfermedades incluye a la

enfermedad de Creutzfeldt-Jakob (ECJ), el kuru, el síndrome de Gerstmann-Sträussler-Sheinker (GSS), el insomnio familiar fatal (IFF) y la variante de la ECJ (vECJ). La encefalopatía espongiforme bovina (EEB) del ganado vacuno y el Scrapie o tembladera del ganado ovino y caprino representan las prionopatías animales más importantes. Desde el punto de vista patológico estas enfermedades presentan una combinación variable de pérdida neuronal, gliosis (multiplicación de células no neuronales), espongiosis (vacuolización del tejido cerebral) y amiloidosis (depósitos extracelulares de la proteína PrP).

Los priones son agentes patógenos con características únicas derivadas de su especial naturaleza, y que se enumeran a continuación: Son agentes transmisibles no convencionales, carentes de ácidos nucleicos; el único componente conocido es una proteína endógena incorrectamente plegada (la PrP^{Sc}); presentan una gran resistencia a la mayoría de los procedimientos de desinfección tradicionales; producen una respuesta inmune e inflamatoria casi inexistente; en tejidos accesibles (sangre, orina) se encuentran en muy baja concentración; su distribución en distintos tejidos es irregular, expresándose principalmente en el Sistema Nervioso Central y en el tejido linforreticular; finalmente, las enfermedades causadas por estos agentes tienen largos periodos de incubación.

Según su etiología (causa u origen), las EET pueden clasificarse en tres categorías: esporádicas, hereditarias y adquiridas. Las prionopatías humanas adquiridas incluyen la ECJ iatrogénica (medicamentosa), el kuru y la variante de la ECJ (vECJ). Los casos esporádicos de ECJ ocurren en todos los países con una distribución homogénea y una incidencia de aproximadamente entre uno y dos casos por millón de habitantes y año. Alrededor del 15 % de los casos de EET humanas son de carácter hereditario y están asociados a mutaciones en el gen que codifica para la proteína del prión (PrNP).

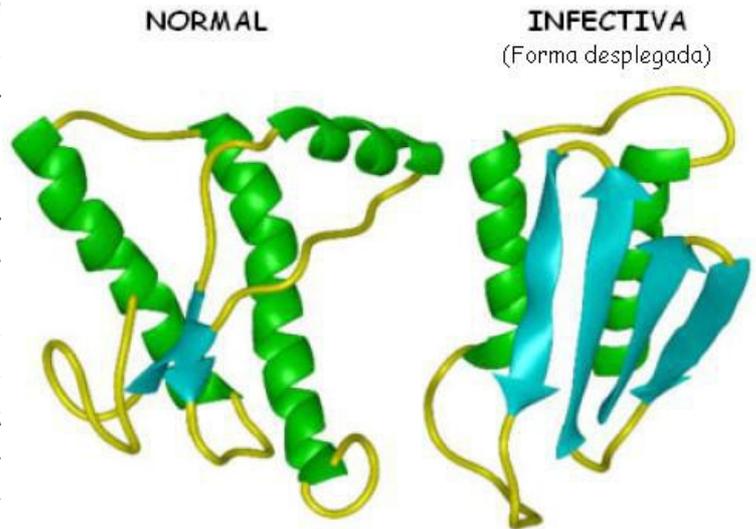
La vECJ se caracteriza por presentar síntomas iniciales psiquiátricos o sensitivos (dolor o anomalías en la sensibilidad) y posterior aparición de un cuadro neurológico. Aunque los síntomas psiquiátricos que manifiestan estos pacientes son muy heterogéneos, la gran mayoría de ellos presentan depresión, ideas delirantes y/o alucinaciones. Posteriormente, se instauran síntomas que incluyen ataxia (perturbación funcional del sistema nervioso, como en el caso de los movimientos inconexos), movimientos involuntarios (corea, mioclonias, etc.) y alteraciones cognitivas, y los pacientes evolucionan negativamente en sus déficits neurológicos estableciéndose una demencia. En las fases finales se da con frecuencia la aparición de mutismo acinético (silencio impuesto por la cesación de los movimientos). Los síntomas neurológicos claros suelen aparecer aproximadamente a los 6 meses del comienzo clínico de la enfermedad.

Debido al riesgo de transmisión de la enfermedad por productos sanguíneos, la política seguida actualmente por muchos gobiernos es tomar medidas para minimizar el peligro. Por ejemplo, se han impuesto criterios de exclusión de donantes de sangre por historia familiar de ECJ. Además, con el fin de evitar la posible transmisión de la ECJ, la OMS y la Comunidad Europea recomiendan eliminar de la do-

nación de sangre y de la donación de tejidos y órganos a los enfermos de ECJ, a las personas con historia familiar de ECJ y a los que hubieran recibido implantes de duramadre biológica o de córnea u hormonas hipofisarias de origen humano. En cuanto a la vECJ, como medida de precaución, tanto la Agencia Europea de Evaluación de Medicamentos como por la FDA, recomiendan la retirada del mercado de cualquier lote de hemoderivados cuando un donante que haya contribuido al volumen de plasma empleado en su fabricación sea posteriormente diagnosticado de la vECJ. En la UE incluso se ha recomendado no emplear para la fabricación de hemoderivados plasma procedente de zonas en las que haya habido acumulación de casos de vECJ (verbigracia: Reino Unido). Por su parte, en Reino Unido toda la sangre y hemoderivados utilizados son importados.

Así, pues, las enfermedades priónicas son procesos neurodegenerativos producidos por el metabolismo aberrante de una proteína priónica, que afectan a seres humanos y animales durante un período de incubación prolongado, con carácter transmisible y evolución clínica fatal (muerte inexorable, tras un progresivo decaimiento psicofísico extremadamente lamentable). Entre sus manifestaciones clínicas sobresalen: demencia, ataxia (desorden, irregularidad y perturbación de las funciones del sistema nervioso), insomnio abrumador, paraplejías (parálisis de la mitad inferior del cuerpo), parestesias (sensaciones o conjuntos de sensaciones irregulares, especialmente hormigueo, adormecimiento o ardor en la piel) y conductas anormales. El principal hallazgo anatomopatológico es el aspecto esponjiforme (de esponja) del cerebro de animales y personas infectados, causado por la acumulación de las proteínas priónicas en las neuronas, donde forman placas amiloides. No hay tratamiento que cure, mejore o controle los síntomas y signos de estas afecciones, por lo cual existen al respecto numerosas interrogantes y opiniones controvertidas en la comunidad científica mundial.

Estructura tridimensional de proteína priónica



El ejemplo de las enfermedades priónicas denota cómo un metafenómeno (correspondiente al conjunto de manifestaciones clínicas de la enfermedad) puede adquirir macroscópicamente unas características sumamente llamativas (una enfermedad espantosa y mortal), lo cual no obsta para que su soporte microscópico sea verdaderamente minúsculo (la breve anomalía en la estructura terciaria de la proteína priónica). La ciencia médica está repleta de esta clase de metafenómenos, y da la impresión de que la vejez y la muerte humanas (así como la de los animales y plantas) también son metafenómenos cuyo germen microscópico posee características extremadamente sutiles y esquivas además de ser posiblemente multifactorial. Según la acertada exégesis de las sagradas escrituras realizada por la Sociedad Watchtower Bible And Tract en sus publicaciones, parece que ni siquiera las criaturas inteligentes sobrehumanas en general (los llamados "ángeles"), cuyo conocimiento técnico de la realidad debe sobrepasar por mucho al humano, son capaces de desentrañar las causas de la muerte antrópica al grado de poder eliminarlas; de hecho, la Watchtower ha suministrado base bíblica para pensar que estas criaturas (salvo un pequeño número de ellas, que constituye un grupo especial de 144.001 individuos de nueva incorporación) también son intrínsecamente mortales, por lo que dependen del Creador para perpetuar sus vidas.



Pero no es sólo en el ámbito biológico en donde tienen lugar estos metafenómenos con base microscópica infinitesimal, sino también, al parecer, en todo el universo material que nos alberga, y más allá. El mismo discurrir del tiempo parece ser un metafenómeno macroscópico, sostenido por un enrevesado soporte termodinámico y termoestadístico denominado "entropía". Y seguramente en el universo angélico o espiritual (que es muy anterior a nuestro universo material y posiblemente secretor de éste) también el metafenómeno "tiempo" se hace sentir en la vida de las criaturas que allí se encuentran, lo cual nos permite atisbar que sus cuerpos son estructuras energéticas bastante complejas, tal vez "orquestradas" sobre un "orfeón" de perturbaciones en otro "medio", el cual subyace a nuestro hipotético "campo cuántico unificado" (de ahí la aducida conexión entre el "universo material" y el "mundo espiritual").

Conclusión.

Después de esta consideración y tras atisbar el formidable e infinito grado de complejidad de la realidad sobre la que domina el Altísimo, haciéndolo de una manera sorprendentemente bondadosa y magistral, no podemos menos que estremecernos ante las resonantes alabanzas de las criaturas del universo espiritual más allá del nuestro, quienes saben mejor que nosotros cuál es la sublime eminencia del

Creador: "Grandes y maravillosas son tus obras, Jehová Dios, el Todopoderoso. Justos y verdaderos son tus caminos, **Rey de la eternidad**. ¿Quién no te temerá verdaderamente, Jehová, y glorificará tu nombre, porque solo tú eres leal? Porque todas las naciones vendrán y adorarán delante de ti, porque tus justos decretos han sido manifestados" (Apocalipsis 15: 3 y 4).

