

**Si** la estructura del ADN y la naturaleza de la vida han sido calificadas como los descubrimientos más profundos del siglo XX, ¿cuáles serán los del actual? Estas son las preguntas que agradan a los pitonisos cuando el calendario nos ha introducido en este año especial de comienzo de nuevo siglo y milenio. Sabemos que no tienen respuesta, pero, para apreciar cuán impredecible es el futuro, vale la pena imaginar qué preguntas nos hubiéramos planteado hace 100 años.

mientos científicos definieron la Física del siglo XX y alumbraron el nacimiento de una Ciencia que ahora conocemos como Física de las partículas. En menos de tres años (entre 1895 y 1897), **Röntgen** descubrió los rayos-X, **Becquerel** encontró la radiactividad y **Thomson** aisló el electrón. Estos descubrimientos simbolizan el salto de cien años desde entonces hasta hoy.

Si se pregunta a cualquier persona en general sobre los rayos-X, hablará de sombras de huesos rotos; si

rayos-X, ni que, medio siglo más tarde, **Crick** y **Watson** utilizarían esta herramienta para resolver la estructura del ADN. Lo que para muchos es considerado como el más profundo descubrimiento en Biología, para otros científicos se trata de Física aplicada.

Probablemente en el siglo XXI, la Genética será tan revolucionaria como la Electrónica lo fue en el siglo XX. Es la Electrónica y todo lo que ha surgido a partir del descubrimiento del electrón, lo que en la actuali-

## EL SIGLO DEL ELECTRÓN

Al comenzar el siglo XX nadie podía siquiera haber imaginado el desarrollo que la Ciencia alcanzaría en los cien años que siguieron

A fines del siglo XIX, algunos científicos pensaban que los principios básicos de la Física habían sido ya descubiertos quedando tan sólo pequeños detalles sobre los que trabajar. Un engorroso problema (el comportamiento aparentemente anormal del espectro de radiación emitida por los cuerpos calientes) fue resuelto hace unos cien años con el descubrimiento de la teoría del *quantum*. Nuestra visión del mundo cambió totalmente. ¿Podemos trazar algún paralelo con la situación actual? Quizás el escritor de hace 100 años de un artículo similar a éste podría darnos la respuesta.

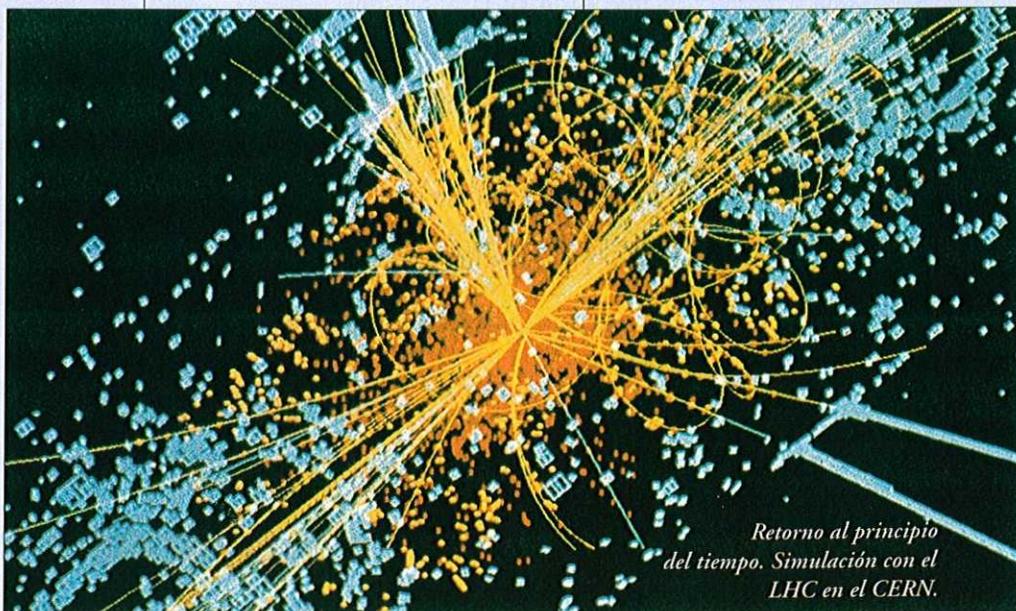
Cuando el siglo XIX llegaba a su fin, tres grandes descubri-

la pregunta es a un científico, ocurrirá sobre la cristalografía de rayos-X. Cuando **Röntgen** se preparaba para recibir en 1901 el primer Premio Nobel de Física, nadie preveía los trabajos de **Bragg** sobre cristalografía de

dad condiciona la vida de la mayoría de la gente.

### Piezas fundamentales de la Naturaleza

**J. J. Thomson** anunció el 30 de abril de 1897 su descubrimiento del electrón, un constituyente fundamental de todos los elementos atómicos. Después de que recibiera el Premio Nobel de 1906 por mostrar que el electrón es una partícula, su hijo **G. P. Thomson** ganó el de 1937 por



*Retorno al principio del tiempo. Simulación con el LHC en el CERN.*

mostrar que el electrón es una onda. Pero esto es ya otra historia.

Un salto adelante en el tiempo hasta los años 60 para ver haces de electrones acelerados a lo largo de un túnel de 3 km bombardeando sobre blancos de protones y neutrones: estos experimentos muestran que la "cebolla cósmica" no termina en el núcleo del átomo. Los últimos constituyentes nucleares (al menos para el siglo XX) son los *quarks*.

El siglo había empezado con la creencia de que los elementos atómicos eran las piezas fundamentales de la Naturaleza y ha terminado con el descubrimiento de electrones y *quarks*. El electrón no es más que un miembro de una familia de seis, conocidos como leptones; asimismo, hay seis variedades de *quarks*. Nadie sabe con seguridad, a principios del siglo XXI, por qué la naturaleza está organizada en grupos de seis partículas de un tipo y otra media docena de otro pero la respuesta probablemente será conocida antes de finalizar el siglo en el que acabamos de entrar.

En 1897, Thomson, solo en su laboratorio de Cambridge, descubrió el electrón mediante un pequeño tubo de vidrio de apenas 27 cm de longitud. Un siglo más tarde, los electrones han estado circulando a casi la velocidad de la luz alrededor del anillo LEP (*Large Electron Positron Collider*) del CERN, un recorrido de 27 km para encontrarse con sus contrincentes, los positrones, que, si eran desconocidos por Thomson, no lo eran, en cambio, misteriosamente por los matemáticos antes de su descubrimiento por los humanos.

### Antimateria

Con el descubrimiento del positrón y del antimundo, el electrón desveló la enorme potencia de las Matemáticas. En 1928, Paul Dirac tomó las dos grandes teorías del siglo XX, Relatividad y Mecánica del *quantum*, y las aplicó al electrón. Las Matemáticas, simplemente, no cuadraban con los esquemas conocidos.

La gran implicación de la ecuación de Dirac, (como es conocida desde entonces), era que abría una ventana a un mundo totalmente nuevo. Como en muchas ecuaciones matemáticas, la suya tenía dos soluciones: una era el conocido electrón con carga eléctrica negativa, mientras la otra implicaba la existencia de una extraña versión de imagen de espejo, idéntica en todos los aspectos excepto que el signo de la carga eléctrica es positivo en vez de negativo. Este anti-electrón, conocido más concisamente como positrón (electrón positivo), es el primer ejemplo de la antimateria.

La predicción de Dirac del positrón pareció a mucha gente, en su momento, que se trataba de ciencia ficción. Hasta entonces, las únicas partículas conocidas o previstas como constituyentes de la materia que nos rodea, eran el electrón en la periferia de los átomos, y protones y neutrones para formar el núcleo de los mismos. El positrón, que había surgido de sus ecuaciones como el conejo del sombrero de un prestidigitador, no tenía cabida. Sin embargo, la cuestión finalizó en 1932, cuando el positrón fue encontrado en la radiación cósmica con una carga positiva y una masa idéntica a la de su hermano el electrón.

La teoría de Dirac de que para cada partícula existe la contrapartida de una antipartícula, es reconocida hoy como esencialmente cierta: la visión de una sustancial simetría en el entramado del Universo. Y aquí tenemos otro de los grandes rompecabezas al comienzo del nuevo siglo. Si, como los experimentos sugieren, el *Big Bang* creó partículas de materia y antimateria en cantidades idénticas (que se

aniquilan cuando se encuentran) ¿cómo es que ha quedado un Universo material? ¿Dónde ha ido la antimateria? Crick y Watson han revelado la naturaleza de la vida tal como ahora la conocemos, pero ¿cómo se las arregló el Universo para sobrevivir hecho de materia, para haber tenido las circunstancias necesarias para que la vida surgiera?

Mientras que la aniquilación de materia y antimateria es un rompecabezas para la comprensión de nuestra existencia, la aniquilación de las partículas más simples, electrones y positrones, ha sido la clave del trabajo en el LEP. Acelerados a lo largo de los 27 km del anillo, las colisiones de positrones y electrones y su mutua aniquilación producen (en un pequeño volumen y por un breve lapso de tiempo) energías mucho mayores que las que se encuentran en cualquier estrella y similares a las que prevalecían en el Universo cuando tenía una vida inferior a una millonésima de segundo. Partículas de materia y antimateria

surgen de estos "mini-bangs", reconstruyendo los procesos básicos que ocurrieron en el *Big Bang*.

### Recreando el Big Bang

Cuando se está junto a uno de estos mastodontes y se le compara con el pequeño tubo que usó Thomson, es cuando se ven en metáfora estos 100 años de Ciencia y Tecnología. Para él fue relativamente fácil aislar el electrón pues el Universo había ya hecho mucho del trabajo preparatorio. Durante los previos 10.000 millones de años, los electrones habían sido creados, atrapados en elementos atómicos, y almacenados en forma de materia desde el Universo recién nacido. En el

Al final,  
son los  
experimentos  
los que  
deciden al  
distinguir los  
hechos de la  
fantasía

relativamente fácil aislar el electrón pues el Universo había ya hecho mucho del trabajo preparatorio. Durante los previos 10.000 millones de años, los electrones habían sido creados, atrapados en elementos atómicos, y almacenados en forma de materia desde el Universo recién nacido. En el

Cambridge de 1897, los electrones estaban por todas partes: sólo hacía falta un pequeño tubo y la genialidad; luego, *destripar* el átomo con ayuda de herramientas relativamente primitivas que utilizaban las fuerzas eléctricas y magnéticas para desplazar los electrones y así revelar su existencia y propiedades.

Hoy, por el contrario, estamos buscando formas exóticas de materia: *quarks* pesados, partículas supersimétricas y el *bosón* de Higgs, todos los cuales, según creen los teóricos, existieron brevemente en los momentos que siguieron a la Creación pero que ya no están aquí. Para encontrarlos hay que reconstruir las condiciones del Universo recién nacido.

No existen tubos de ensayo fabricados en serie que puedan hacer experimentos de tal magnitud. Ni "aparatos de Big Bang" hechos a medida en los catálogos de material científico con los que se puedan experimentar los primeros momentos del Universo en nuestra casa. Esto no es un simple juego. Para viajar al principio de los tiempos hay que diseñar y construir todas las piezas de manera específica, transformando la tierra, rocas y gases de nuestro planeta en herramientas que amplíen nuestros sentidos. Así es como ha sido en el LEP y como será en el LHC (*Large Hadron Collider*) del CERN.

La arena suministra el material básico para el sistema nervioso de los *chips* de ordenador. El gas hidrógeno, del cual pueden ser extraídos los protones, suministrará los haces de partículas del LHC. Minerales sacados de la tierra, fundidos, transformados y convertidos en imanes serán capaces de guiar los haces de protones al 99,9999 % de la velocidad de la luz. Se está haciendo un gran despliegue

de otros instrumentos, que son el resultado de siglos de invención. Cuando todo esté en marcha, estas herramientas del nuevo milenio revelarán cómo era el Universo en el momento de la Creación.

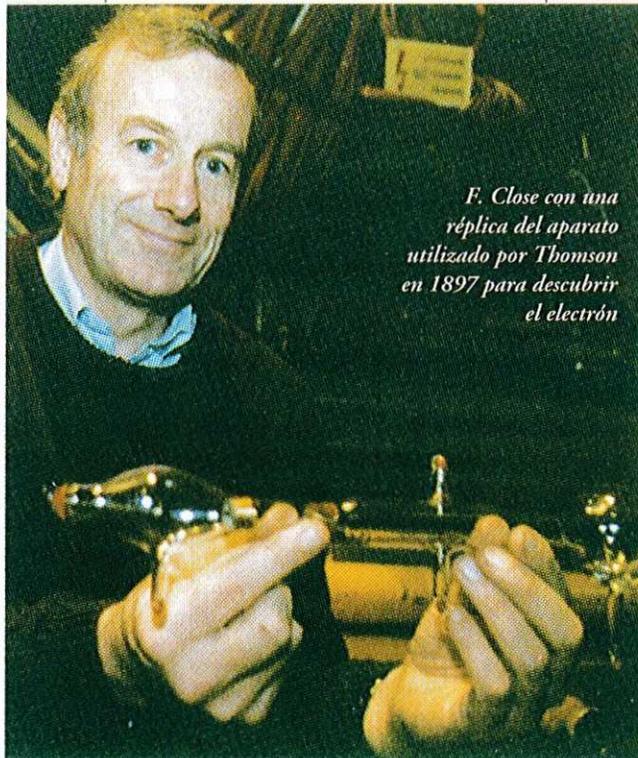
Los resultados serán recogidos, no por un solo científico (como en el caso de Thomson) sino por un equipo de miles de personas trabajando en varios continentes y comunicándose vía internet, que está alimentada y controlada por electrones. No sólo la Ciencia y Tecnología, sino la So-

existencia del positrón, así la teoría de los holandeses 't Hooft y Veltman de la fuerza débil ha permitido descripciones cuantitativas de las medidas en el LEP. Este acelerador no tiene suficiente energía para materializar el *quark top* pero, gracias a las matemáticas de 't Hooft-Veltman, sus propiedades pudieron ser deducidas antes de su triunfal descubrimiento en el Fermilab de Chicago. Ahora, en el umbral del siglo XXI, estamos en la misma situación con el bosón Higgs: la energía y precisión del LHC y las matemáticas predicen otro éxito de Investigación.

Así, la teoría de 't Hooft-Veltman (que ha obtenido el último Premio Nobel de Física del siglo XX) puede adelantarnos la visión de uno de los primeros grandes descubrimientos decisivos del siglo XXI. El descubrimiento del *bosón* Higgs, con sus fenómenos asociados, ¿producirá precisamente los efectos que los teóricos esperan? ¿O habrá resultados inesperados, los primeros indicios de profundas verdades que actualmente están más allá de nuestro conocimiento? A lo largo de la historia, los teóricos han creado hermosas descripciones del universo, a menudo con asombrosas

implicaciones. Al final, son los experimentos los que deciden al distinguir los hechos de la fantasía.

¿Qué centenario se conmemorará a principios del siglo XXII? Röntgen, Becquerel y Thomson no pudieron haber imaginado los actuales ADN, la teoría electrodébil, Internet, ni los aceleradores LEP y LHC, máquinas que nos hacen retroceder al principio de los tiempos. Si hay algún mensaje que nos pueda servir de guía segura para el siglo que comienza es el siguiente: estar preparados para las sorpresas. ■



*F. Close con una réplica del aparato utilizado por Thomson en 1897 para descubrir el electrón*

ciología de la Investigación han evolucionado durante estos últimos cien años.

Nuestra historia comenzó con el primer Premio Nobel y acaba con el descubrimiento en 1896 por Becquerel de la radiactividad (Premio Nobel de 1903). Los agentes de la fuerza débil, los que "cocinan" los elementos, fueron descubiertos en el CERN en los años 80. A lo largo de los 90, en el LEP, millones de estas partículas W y Z han sido obtenidas y medidas con asombrosa precisión. Así como las matemáticas de Dirac revelaron la