

## LA IMAGEN ACTUAL DE LA FISICA ATOMICA

por el DR. WOLFGANG GENTNER  
De la Universidad de Heidelberg

Niels Bohr, que basándose en los experimentos de Rutherford y en la teoría de los cuantos lumínicos de Planck, ya en su juventud había bosquejado su célebre modelo del átomo, imaginó también un modelo para el núcleo atómico. Este "modelo de gotículas", que deriva su nombre de la analogía con las gotas de agua, era apto para explicar muchos rasgos de las reacciones nucleares artificialmente provocadas. Era evidente, sin embargo, que por este recurso no podrían explicarse los matices ni algunos detalles. Pero las verdaderas dificultades de una teoría de las energías nucleares sólo se evidenciaron claramente al bombardear el núcleo atómico con partículas de energía mucho mayor. Esto se había hecho ya durante algún tiempo, ya que, además de los rayos alfa naturales, existe otra fuente natural de partículas de potentísima energía.

Nos referimos a la *ultrarradiación cósmica*, esa misteriosa fluencia de partículas que como una lluvia desciende sobre nosotros con grandísima velocidad desde el espacio de los mundos y nos atraviesa, sin traba casi, con todo el poder de su energía. Las órbitas de estas partículas se habían hecho visibles con el maravilloso método de la cámara de niebla de Wilson. Este procedimiento espléndido, que nos hace directamente visibles las órbitas de raudos átomos o electrones como fajas de niebla, celebró su cincuentenario en 1961. Ha contribuido increíblemente a la intuitiva comprensión de los complicados procesos que se manifiestan en la esfera atómica. En 1911 consiguió Wilson ver con su cámara las primeras órbitas de electrones en el aire y fotografiarlas. También con la cámara de niebla consiguió Anderson descubrir en 1932 la primera *antipartícula*, el electrón positivo, e inaugurar en 1937, con el descubrimiento del primer mesón, la danza en giro de las nuevas *partículas elementales fugaces* o de corta vida, cuya abundancia nos abruma hoy. La radiación cósmica ha sido la fuente generadora de todos estos procesos.

Para el descubrimiento de nuevas partículas elementales, el método que hace posible la *visibilidad de la órbita* de raudas partículas ha sido el auxiliar más eficaz y seguirá siéndolo en la investigación futura. Se incluye aquí la placa fotográfica que en virtud del preparado especial de la emulsión es apta para retener la órbita de una rauda partícula en el revelado como línea de gránulos de plata. A causa del difícil examen y valoración de los resultados por la observación de la placa fotográfica con el microscopio, a pocos laboratorios es asequible este procedimiento, que ha contribuido esencialmente a nuestro conocimiento de las nuevas partículas elementales.

Como tercer instrumento para la visibilidad directa de las órbitas de las partículas debe mencionarse la *cámara de burbujas*, cuyo inventor, D. A. Glaser, ob-

tuvo en 1960 el Premio Nóbel. De modo semejante a lo que ocurre con la cámara de Wilson, por este procedimiento puede hacerse visible la órbita de una rauda partícula como hilera de burbujitas en un líquido supercalentado. Desde su descubrimiento en 1952 puede decirse que la cámara de burbujas ha irrumpido triunfalmente en los grandes laboratorios del mundo. Tiene la apreciable ventaja —entre otras— de poder utilizarse en ella hidrógeno líquido. Si, por ejemplo, se hacen participar en la reacción muy rápidos protones o mesones puede estudiarse el mecanismo de la reacción de dos partículas elementales entre sí.

Tiene esto la formidable ventaja de hacer posibles condiciones de experimentación sencillas, absolutamente necesarias para “desenredar” las complicadas formas en que se presentan la acción recíproca de las raudas partículas elementales y el mecanismo de desintegración de los mesones fugaces. Con este fin se construyen hoy cámaras de burbujas de 1 a 2 metros que cada par de segundos suministran una fotografía de las órbitas de las partículas en el hidrógeno líquido. Las cámaras están acopladas a un electromagneto de gran tamaño, a fin de poder, por la curvatura de la órbita de la partícula, obtener inferencias sobre el impulso y el pronóstico. La valorización estereoscópica de tan múltiples imágenes significa nuevo problema para el físico, naturalmente. Se trabaja en dispositivos de robots que hagan posible, independientemente, la valorización de las fotografías en combinación con una máquina calculadora.

Para mayor claridad de lo expuesto, describiré brevemente el aspecto de estas imágenes de la cámara de burbujas. Cada fotografía muestra un gran número de finas líneas ligeramente curvadas que recorren toda la imagen en forma más o menos paralela. Aquí y allá se observan hendiduras, formas estrelladas o ramificaciones. Son las partes donde ha ocurrido el choque, más o menos violento, de dos partículas elementales, en cuya virtud, a menudo, nuevas partículas elementales surgen, mesones o hiperones. Tras breve vuelo, se desintegran frecuentemente, a su vez, estas partículas, provocando hendiduras que permiten inferir la simultánea emisión de partículas sin carga, por lo tanto invisibles. Es muy importante la observación de que en todos estos casos se trata de la reacción de partículas elementales entre sí y de su desintegración para transformarse en partículas elementales distintas. Si comparamos la finalidad de los experimentos de Rutherford que hace 50 años condujo a su modelo del átomo con los modernos experimentos que permiten observar también la dispersión de una partícula en otra, advertiremos una fundamental diferencia. Entonces se buscaba conocer la magnitud y las partes constitutivas del átomo. Se logró esto, averiguándose que el átomo consta de electrones en su envoltura exterior y de un núcleo de carga positiva formado por un número mayor o menor de neutrones y protones.

En contraste con el viejo atomismo vigente aún hace 50 años, no reconocemos ya el eterno existir de las partes constitutivas primarias. Para nosotros, átomos y partículas elementales carecen ya de individualidad: son entre sí transformables. El problema de las partes constitutivas primarias de la materia no tiene sentido

en esta forma. No existen partes primarias constitutivas individuales tal como las habían imaginado los naturalistas desde Demócrito hasta el presente siglo.

Esta pérdida de la individualidad no se arregla suponiendo que una partícula tiene distintas apariencias, cualidad que en el mito helénico se atribuía a Zeus, por ejemplo, que, según la aventura de cada caso podía caer sobre su víctima en forma de lluvia áurea, de cisne o de ser humano, sin dejar por ello de ser Zeus y pudiendo volver siempre a su forma primitiva. En modo alguno es éste el caso de las partículas elementales. Pueden también disolverse en pequeñas porciones de energía y son indiferenciables fundamentalmente y esto se incluye en la teoría de los procesos de choque como hecho inapelable.

¿Cuál es, entonces, para el físico de hoy, la catadura, la imagen del átomo y su núcleo? En cuanto es posible hablar propiamente de imagen, digamos que ésta se ha hecho esencialmente difusa, o más exacto, borrosa, y encima de múltiples estratos. Pues las leyes del mundo atómico que se han descubierto son tan fundamentalmente ajenas a la naturaleza que nos rodea que es evidente que se va desvaneciendo la visión, y que ha de ser substituída por modelos, que pertenecen más cada día al mundo de los cuentos y los espectros.

Por otra parte, el físico no utiliza un modelo único: copia, por así decirlo, varias imágenes superpuestas. Echa mano de una colección de transparentes acoplados. De esta imagen estratificada obtiene la que le parece más útil según el problema de que en cada caso se trate. Pero intentemos dar, en pocas palabras, por lo menos una vaga idea de lo que es este mundo de espectros.

Empecemos diciendo que ya no danzan siempre los electrones en lindos círculos o elipses en torno al núcleo, tal como los vemos todavía en tanta representación gráfica. Aquí se trata sólo de una de las imágenes posibles. En otra imagen vemos los electrones dispuestos en torno al núcleo como onda constante a diversas distancias. Tenemos también otra imagen en que aparecen los electrones como oscilante nube en torno al núcleo, alcanzando los apéndices de la nube al núcleo mismo. Podríamos encasquetarle a esta imagen la que describe el campo eléctrico en el átomo exterior, o campo-Coulomb, como le llamamos. En otra imagen no aparece este campo homogéneo, sino cuantificado. El campo en torno al electrón consta de cuantos lumínicos constantemente emitidos y absorbidos, es decir, de *fotones*. Se designa a estos fotones como virtuales en cuanto no aparecen en forma mensurable. Se mantienen aún, pues, totalmente en el mundo de los espectros. El campo, antes insubstanciado, es substituído por una casi evidente imagen del intercambio de paquetes de energía. Los fotones salen del mundo de los espectros para hacer acto de presencia en la realidad cuando de algún modo se manda energía al átomo desde fuera.

Antes de seguir hojeando el álbum de láminas de las partes exteriores del átomo, echemos una ojeada a una parecida colección de imágenes del núcleo atómico. También aquí la investigación ha avanzado lo bastante como para que podamos vernos de unos cuantos modelos.

El arte del investigador consiste en manejarse en esta pinacoteca como si se en-

contrara en su casa, en forma que ante cada problema acierte con la imagen a que ha de pedir consejo. Incluso si descubre una cualidad decisivamente nueva en virtud de un nuevo experimento deberá pintar un nuevo cuadro que la trasunte y colgarlo en la galería junto a los demás, que no por ello van a estar de sobra, ya que, en realidad han quedado así completados. O diciéndolo con el símil de nuestra primera descripción: se confecciona un nuevo transparente a través del cual siguen viéndose las viejas imágenes.

Debo indicar que a las —en número redondo— 20 partículas elementales hay que añadir sus correspondientes *antipartículas*. Desde hace algunos años nos podemos permitir generar antiprotones y antineutrones, luego tienen éstos que existir virtualmente en el mundo espectral en torno a los nucleones. Basta con mandar la suficiente energía al campo de los nucleones, por el bombardeo desde los grandes aceleradores con partículas muy rápidas, por ejemplo, para que el *antimundo* despierte de su largo sueño en el mundo virtual y envíe de visita, a nuestro mundo real, las antipartículas. Ya antes de haber sido descubiertos el antiprotón y el antineutrón era conocido un proceso semejante en la zona exterior del núcleo atómico. Me refiero a la pareja de electrones generada en un cuanto lumínico, descubrimiento del año 1932. Pues tan antielectrón es el electrón positivo como el protón negativo es antiprotón. Si las antipartículas chocan con una partícula corriente quedan destruidas y vuelven a su mundo espectral. La energía liberada así es irradiada en forma de otras partículas elementales.

Si resumimos el resultado de nuestra visita a la pinacoteca de los modelos atómicos, acaso podamos decir lo siguiente:

Los átomos están formados de partículas elementales que carecen de individualidad. Son de naturaleza muy peculiar y extraña. A cada imagen de una partícula elemental hay que pintarle dentro la imagen de todas las demás partículas elementales. Dicho de otro modo: cada partícula elemental es copartícipe de la existencia de todas y cada una de las demás partículas elementales. Que conozcamos ya todas las partículas elementales posibles o todas las formas posibles de existencia, parece muy dudoso.

En todo caso carecemos aún de una teoría armónica apta para descubrir cuantitativamente esta extraña estructura de las partículas elementales. No podemos, pues, calcular la proporción de masas entre las partículas elementales. Inclúyese aquí también, por ejemplo, el viejo enigma de la proporción de masas entre electrón y protón como 1: 1836,1. Pero además de la proporción de masas de las partículas elementales la teoría tendría que ofrecernos más, mucho más. Debería informarnos sobre el spin, sobre la duración y la "extrañeza", etc., cualidades todas que podemos enunciar en números relativos.

Si he de referirme aún al papel del teórico frente al físico experimental, añadiría al símil de la pinacoteca lo siguiente: los cuadros de la galería son pintados generalmente por los experimentadores. La misión del teórico consiste en escribir una buena guía de la pinacoteca, con los cuadros distribuidos en grupos, exponiendo, en la forma más convincente posible, cómo los cuadros han surgido necesari-

riamente unos de otros. El gran triunfo del teórico sería aquí poder vaticinar certeramente qué cuadro deberá pintarse en el futuro. Claro que esto ocurre bien rara vez, de otro modo los experimentadores quedarían cesantes.

Echemos una ojeada a uno de los laboratorios que hoy se ocupan de la estructura del núcleo atómico: el laboratorio europeo del CERN, en Ginebra, por ejemplo. En un terreno de 40 hectáreas se han instalado dos imponentes aceleradores circulares capaces de generar protones con una energía de 600 MeV y 25 GeV. El artilugio pequeño tiene un magneto de 2.500 toneladas de peso y un diámetro de polo a pie de 5 metros. La máquina grande, en cambio, es redonda y tiene un diámetro de 200 metros.

Dirijamos nuestros pasos hacia la máquina grande —actualmente el más formidable acelerador del mundo— y preguntemos para qué diablos sirve este monstruo. ¿Se espera obtener de él algún resultado práctico, con la perspectiva de alguna posible aplicación? La clara respuesta será un simple no. Se trabaja sólo en investigación fundamental, sin esperanza de aplicaciones prácticas de ninguna clase. Pero ya antes se hacía así, ciertamente y contra todo lo que se esperaba se topó, de pronto, con la energía atómica.

La enorme aceleración de la máquina del CERN es empleada para traer un brevísimo instante al mundo real, desde su mundo de espectros, al antimundo. Son generados antiprotones y otras antipartículas. Para ello es necesario disparar protones con tan tremenda energía sobre otros núcleos atómicos que la energía cinética sea suficiente para generar la masa de las antipartículas y ello según la ley einsteniana  $E = mc^2$ . Como sólo hace un año que disponemos de la máquina no pueden esperarse resultados grandiosos todavía. Pero tememos ya, sin embargo, un vasto programa de investigación por parte de diversos equipos europeos.

Un primer examen general de todas las partículas con ella generadas ha puesto término a la inflación de nuevas partículas elementales de la última década. Entre los 10 millones de partículas examinadas no se encontró ninguna desconocida. Pero además de mesones  $\pi$  y  $\mu$ , hay bastantes mesones  $k$  y antiprotones, para los que esta máquina fue especialmente construida y cuyas cualidades podrán estudiarse ahora en mejores condiciones. Se ha medido también ya la acción recíproca de estas partículas con la materia lanzándolas en un torrente de hidrógeno líquido de 3 metros.

Ultimamente se espera también, con la máquina grande, averiguar al fin algo sobre el neutrino. Este neutrino —no se le confunda con el neutrón— carece, como el cuanto lumínico, de masa de reposo y de carga. Es conocido hace mucho como presente en la desintegración radioactiva beta por pruebas indirectas. Pero no se puede experimentar con él pues carece casi por completo de acción recíproca con la materia y *se cuela*, sin dificultad por las capas de materia más gruesas. Se mantiene, pues, “invisible” para todos los instrumentos de prueba, pues debemos tener presente que sólo podemos verificar pruebas directas con aquellas partículas o rayos que pueden ser inducidos de algún modo a una reacción con la materia. Ahora bien, hay razones teóricas que permiten la presunción de que la probabilidad

de reacción de los neutrinos aumenta con el aumento de la energía. Dada la tremenda energía con que son generados por el gran acelerador, acaso surja la posibilidad de demostrar su existencia y con ella el corte transversal de su acción por medio de una reacción nuclear visible. Por eso se trabaja activamente en los planes de este experimento, que exige considerables recursos.

He intentado ofrecer una breve ojeada en el taller del físico consagrado al estudio de las partículas elementales con la esperanza de lograr una visión de este extraño micromundo. Acaso haya conseguido por lo menos dar una vaga idea de la significación de esta problemática.

## PESO Y ESTATURA DE NIÑOS CHILENOS A TRAVES DE 50 AÑOS

por el prof. J. SANTA MARÍA, DR. A. ARTEAGA, DRA. E. TAUCHER (estadístico), SRTA. M. MUÑOZ (nutrióloga)

Se dispone de datos seguros sobre peso y estatura de niños al menos desde 1908 (1) (9) y hasta la fecha es abundante la información recogida para diferentes grupos económicos y a través del país. Los datos más recientes son los de la encuesta nutricional y alimentaria realizada en 1960 con la cooperación de expertos norteamericanos (2). Naturalmente las técnicas de investigación no fueron siempre las mismas, pero es posible resumir las más representativas (3 a 14) que permiten comparaciones a través de 50 años y entre grupos de distinto nivel económico. Más que calcular algún gran promedio general simplemente se presenta los datos más seguros y representativos (cuadros 1 a 3 y gráficos 1 y 2). (+)

**Comentarios.** Puede que la población chilena tenga características antropológicas diversas que otros grupos; sin embargo la curva de peso de los niños chilenos de nivel económico aceptable compara bien con los standards norteamericanos (15), especialmente en la última investigación en tal grupo (14) (gráfico 1). No es tan cierto el hecho en cuanto a altura (gráfico 2); nuestros niños aparecen más chicos desde la adolescencia adelante. No es posible deducir ninguna conclusión de estos hechos ya que no se ha probado que, por ne-

cesidad biológica, los niños deban obligadamente seguir tal o cual padrón de crecimiento. Si no lo hacen, más que un diagnóstico de "sub" debiera decirse "diferente desarrollo" a causa de diversidad genética.

Es del mayor interés observar las diferencias en peso y estatura entre los niños de nivel económico aceptable o pobre. En ambos grupos, a través de los años analizados, se observa una tendencia a llegar a más temprana edad a más altas cifras de peso y estatura (gráficos 1 y 2). Pero a pesar de que los niños más pobres muestran un mejor incremento absoluto, en 1960 quedan aún por detrás en las ci-

(\*) Resumen del trabajo presentado a la Sociedad Chilena de Nutrición el 3 de mayo de 1961 y al X Congreso del Pacífico, celebrado en Honolulu, Hawaii, del 21 de agosto al 6 de septiembre de 1961.

(\*) Por necesidades de espacio se omiten las referencias bibliográficas, las que pueden consultarse en la Cátedra de Alimentación, Escuela de Salubridad, Correo 9, Santiago.

(+) Se presentan sólo los datos para varones; la situación con las mujeres es semejante.