

LOS PREMIOS NOBEL DE CIENCIAS 1999

ANGEL SANTOS RUIZ

Por haber dado a la física teórica de partícula una base matemática firme les fue otorgado el Premio Nobel de Física a Gerardus't Hooft y a Martinus J. G. Veltman.

El Premio Nobel de Química ha sido concedido a Ahmed Zewail por haber desarrollado una poderosa técnica de láser para observar como los átomos recombinan los enlaces para formar moléculas.

Günter Blobel obtuvo el Premio Nobel de Medicina por el hallazgo de las señales que utilizan las proteínas para desplazarse en el interior de las células.

El análisis de la política monetaria y fiscal en diferentes sistemas de tasas de cambio, así como por el de las zonas monetarias óptimas, ha sido el motivo de la adjudicación a Robert A. Mundell del Premio Nobel de Ciencias Económicas.

PREMIO NOBEL DE FÍSICA

Dos físicos, Gerardus't Hooft y Martinus J. G. Veltman han sido galardonados con el Premio Nobel de Física de 1999. Ambos son profesores de la Universidad de Utrech. Veltman trabajaba en Utrech a finales de 1969 en el desarrollo de un programa informático, capaz de efectuar simplificaciones algebraicas de complejas teorías cuánticas. Fue entonces cuando un joven de 22 años, Gerardus't Hooft, se unió a su equipo como estudiante de doctorado. Juntos consiguieron dar cuerpo a la teoría de la interacción electrodébil. Veltman tiene 68 años y 't Hooft 53 años. Martinus Veltman, nacido en Bilthoven, es profesor Emérito de la Universidad de Michigan. Su discípulo Gerardus 't Hooft trabaja en el Instituto de Física Teórica en dicho centro universitario. Veltman es un viejo amigo de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM), en cuyo departamento de Física Teórica ha pasado casi 10 años como catedrático especial, compaginando su labor en España y en la Universidad de Michigan (EE.UU.). Fue Francisco Ynduráin, catedrático de Física Teórica, quien le trajo.

Los dos investigadores holandeses han aportado bases matemáticas que hoy son consideradas fundamentales para el sostén del modelo que agrupa las partículas elementales de la materia y las fuerzas que interactúan entre ellas. Particularmente importantes fueron los trabajos sobre la estructura cuántica de las interacciones electrodébiles, realizados por ellos durante la década de los setenta. En esa época ya se sabía que

toda la materia del Universo está compuesta por átomos, cuyos núcleos están formados por protones y neutrones, rodeados de electrones. Con los primeros aceleradores de altas energías, los físicos pudieron descubrir partículas más elementales. Las investigaciones en la estructura de la materia, en el CERN (Laboratorio Europeo de Física de Partículas) y otros laboratorios, han logrado averiguar que los componentes elementales de la materia, al nivel dimensional de la diezmilbillonésima parte del centímetro, son los quarks y los leptones. Existen tres familias que incluyen, cada una de ellas, dos quarks, un electrón y un neutrino. El mundo en el que vivimos está constituido por los componentes de la primera familia, los quarks —llamados «hacia arriba» (*up*) y «hacia abajo» (*down*)—, el electrón y su correspondiente neutrino.

La teoría que describe estas partículas elementales y sus interacciones, las fuerzas del microcosmos, se denomina Modelo Estándar y se formuló a mediados de los años cincuenta, casi a la vez que los experimentos en aceleradores de partículas empezaban a desentrañar los secretos del universo a la escala más pequeña. Pero la formulación original del Modelo Estándar era incompleta matemáticamente y no servía para hacer cálculos detallados ni predicciones, dado que producía resultados incongruentes. El trabajo de Veltman y 't Hooft permitió hacer por primera vez y con extremada precisión, estos cálculos, convirtiéndose en los cimientos matemáticos del sólido edificio que es ahora el Modelo Estándar. En concreto, desvelaron la estructura de las interacciones fundamentales en las que se basa la unificación electrodébil, según la cual dos de las cuatro fuerzas de la naturaleza, el electromagnetismo y la fuerza débil (responsable de la desintegración nuclear de los átomos) son, en última instancia, lo mismo. Gracias a la solidez de los estudios, se pudieron predecir las características de dos partículas elementales («W» «Z») y la masa del «quark top», el último «ladrillo» elemental de la materia que finalmente se detectó en 1995. Los trabajos teóricos de ambos físicos apoyan además la existencia de una misteriosa partícula aún no observada: el bosón de Higgs, que estaría implicada en el origen de la masa. Su detección es el «santo grial» de la física de partículas. Otros científicos se han apoyado en el trabajo de los dos Nobel para diseñar ordenadores cuánticos, miles de veces más veloces que los actuales.

Juan Antonio Rubio —Físico y Jefe de División del CERN— ha aportado interesante información sobre estos temas. Ha indicado que en la década de los 60 y en base a trabajos previos sobre teorías «gauge», los Nobel Glashow, Salam y Weinberg desarrollaron la teoría de las interacciones electrodébiles. Una importante predicción de la teoría fue la existencia de las dos nuevas partículas («W» y «Z»), cuyo descubrimiento supuso el Nobel de Física a Rubbia y Van der Meer. Los Nobel de este año han tenido una aportación decisiva en la formulación de las interacciones fuertes y electrodébiles. Los desarrollos de 't Hooft y Veltman permiten hacer predicciones para comprobar cantidades medibles relativas a las propiedades de las partículas «W» y «Z» y también de otras. El acelerador LEP del CERN ha sido decisivo para validar el Modelo Estándar con un nivel de precisión por debajo del 1 por ciento. Una de las predicciones derivadas de los métodos de cálculo desarrollados por 't Hooft y Veltman ha sido la existencia del quark top, descubierto en 1995 en el laboratorio de Fermi de EE.UU. El nuevo proyecto del CERN, el acelerador LHC será fundamental para otros muchos supuestos, entre ellos la existencia de la partícula de «Higgs», que ayuda a explicar el origen de las masas de los componentes elementales.

Belén Gavela, catedrática del Departamento de Física Teórica de la Universidad Autónoma de Madrid, ha escrito que el Modelo Estándar de Física de Partículas: SU(3)

x SU(2) x U(1), reduce un mundo complejísimo de resultados experimentales a la simple simetría que denomina **gauge**. A esta construcción le faltaba el esqueleto, pues en su parte de interacciones electromagnéticas y débiles (como la radiactividad), la simetría estaba tan escondida que no se sabía si era consistente, y los cálculos estaban plagados de incontrolables infinitos. Tan frágil que la mayor parte de la comunidad científica no aceptaba la teoría. Fue el trabajo de 't Hooft y Veltman el que demostró esa consistencia matemática y permitió hacer predicciones firmes en una teoría que abarca la masa de las partículas. A partir de ahí los datos fluyeron y encajaron, desde los más mínimos detalles hasta el descubrimiento experimental de las citadas partículas W y Z en el Laboratorio Europeo de Física de Partículas y el más reciente del quark top, en Fermilab (EE.UU), hasta la búsqueda actual de la «partícula de Higgs» o «bosón» de Higgs, una gran partícula que explicaría lo concerniente a la masa de todas las demás.

PREMIO NOBEL DE QUÍMICA

El Premio Nobel de Química ha correspondido este año al investigador egipcio Ahmed H. Zewail, que estudió en la Universidad de Alejandría, el cual posee también la nacionalidad estadounidense, ya que ocupa la cátedra Linus Pauling de Química en Caltech (Estados Unidos). Nacido en 1946 en una pequeña localidad del delta del río Nilo, a 190 kilómetros de El Cairo, trabaja desde la década de los años sesenta en el bien conocido Instituto Tecnológico de California en Pasadena. En este centro prestigioso fue el primero que puso a punto una nueva técnica con rayos láser rápidos que permite conocer como los átomos de una molécula se desplazan en el transcurso de una reacción química. En su día le fueron concedidos a Zewail el Premio Wolf y el Premio Rey Faisal.

Las investigaciones de Zewail han ayudado a comprender como los átomos se comportan en las reacciones químicas y le han llevado a ser considerado como el fundador de la llamada femtoquímica, así denominada por la escala de tiempo en que se producen las reacciones químicas. En términos vulgares se puede decir que ha puesto a punto una técnica que es algo así como la máquina fotográfica más veloz del mundo y con la que se consigue ver lo que ocurre en una reacción química cuando se rompen unos enlaces y se originan otros nuevos. Zewail ha llevado a cabo a finales de la década de los ochenta una serie crucial de experimentos que condujeron al nacimiento de una nueva área de investigación. Con cámaras de alta velocidad, pudo captar imágenes de moléculas durante los distintos estados de transición que se producen durante una reacción química. No existen reacciones químicas más rápidas que las observadas por él. La técnica se basa en la utilización de impulsos ultracortos de luz láser, capaces de captar a «cámara lenta» reacciones químicas que se producen a velocidad de vértigo, en una escala de tiempo que se mide en femtosegundos (fs). Un fs equivale a una milbillonésima de segundo y es igual a 10^{15} segundos ó 0,000000000000001 segundos. Un femtosegundo es a un segundo lo que un segundo es a 32 millones de años. Como se han indicado antes, el sistema utilizado por Ahmed Zewail podría calificarse como la cámara más rápida del mundo. Y gracias a su utilización ha surgido la nueva disciplina femtoquímica, que es capaz de visualizar cómo se rompen los enlaces químicos y se crean otros nuevos durante una reacción química, tanto en gases como en fluidos y sólidos. El comienzo del proceso está dado por un pulso de láser de unos cuantos femtosegundos de duración; este pulso inicia las reac-

ciones y luego llega un segundo pulso retrasado respecto al primero que sirve para analizar lo que está pasando. La luz emitida por los reactantes después del segundo pulso lleva la información, en el espectro, necesaria para reconstruir en qué lugar se encuentran. Zewail ha logrado así una información sobre la dinámica de las reacciones químicas antes imposibles de visualizar y estudiar. Luis Orozco, físico de la Universidad del Estado de Nueva York, ha aclarado el proceso y, entre otras cosas, ha señalado que con la espectroscopia de femtosegundos pueden verse los movimientos de átomos individuales conforme se acomodan para formar un compuesto químico.

Ciertas reacciones químicas muy comunes suceden en un tiempo muy corto. La reacción no se produce inmediatamente, y, durante el proceso, los reactantes pueden formar compuestos intermedios hasta llegar al resultado final. El trabajo de Zewail ha encontrado la manera de estudiar el proceso dinámico de una reacción que sucede en un tiempo de cien femtosegundos. Las aplicaciones de esta técnica espectroscópica con láser son múltiples hoy en día. Se utiliza para comprobar cómo funcionan los catalizadores, cómo deben diseñarse los componentes electrónicos moleculares y cómo reaccionan moléculas que pueden ser la base de futuros medicamentos.

PREMIO NOBEL DE MEDICINA

Günter Blobel nació en 1936 en la localidad de Waltersdorf, entonces alemana y ahora polaca. Desde 1987 tiene la nacionalidad estadounidense y trabaja en la *Rockefeller University* de Nueva York. Es especialista en biología celular y molecular y en 1993 obtuvo el Premio Albert Lasker, considerado la antesala de los Nobel o el Nobel de América. El mismo ha destacado, complacido, que Alemania se puede vanagloriar de tener dos Premios Nobel este año del mismo nombre, en alusión a su tocayo Günter Grasi, Premio Nobel de Literatura. También ha recordado a George F. Palade en cuyo laboratorio, en el Instituto Howard Hughes, se integró a su llegada a Estados Unidos en los años sesenta. El Premio Nobel lo obtuvo Palade en 1974, junto a dos científicos belgas por sus investigaciones sobre la estructura y el transporte celular. El 19 de mayo de 1988, como Director de la Real Academia de Farmacia tuvo el honor de entregarle el título de Académico Extranjero. Günter Blobel ha cedido la mayor parte del importe del Premio Nobel a la asociación «Amigos de Dresde», agrupación que apoya la reconstrucción y conservación de esta ciudad, destruida en 1945.

Günter Blobel ha sido premiado por su descubrimiento relativo a que las proteínas disponen de señales intrínsecas que gobiernan su transporte y situación en la célula. Esto se entiende mejor si se recuerda que un ser humano adulto está formado por unos 100.000 millones de células y que cada célula contiene aproximadamente 1.000 millones de moléculas de proteína, de las que algunas constituyen los materiales de construcción del esqueleto celular y otras —las enzimas— funcionan como catalizadores de miles de reacciones químicas específicas. En este complicado y microscópico mundo celular se desconocía cómo las proteínas recientemente generadas se dirigían a sus lugares correctos en las células. Ahora se sabe que un mecanismo es común a todas ellas. Repetimos que cada organismo adulto está formado por cientos de miles de millones de células. Todas tienen diferentes compartimentos o estructuras rodeadas por membranas, que se denominan orgánulos. Los más conocidos son el núcleo celular, que contiene el material genético y la mitocondria que aporta energía. Los trabajos de Blobel se centraron en una tercera estructura celular llamada retículo endoplásmico y

fructificaron con el hallazgo de las señales que permiten a las proteínas dirigirse sin error y atravesar la membrana de ese compartimento celular. Durante los siguientes veinte años, caracterizó en detalle los mecanismos moleculares que gobiernan este proceso. Demostró que este sistema de señales está formado por pequeñas secuencias de aminoácidos situados en los extremos de las proteínas. Algunos científicos las comparan a la dirección postal, que permite enviar mensajes sin que se pierdan.

El proceso molecular descubierto por Blobel es universal, ya que es similar en células de hongos, plantas y animales. Uno de los aspectos más importantes es que existen una serie de enfermedades humanas de carácter hereditario, que son causadas por defectos en esos mecanismos de señalización y transporte de proteínas. Las investigaciones de Blobel han contribuido al desarrollo de estrategias efectivas para convertir a las células en auténticas factorías de proteínas y medicamentos. Con sus hallazgos, Blobel resolvió dos viejos misterios científicos. Por un lado, se desconocía cómo las proteínas recién producidas encuentran su camino y son dirigidas correctamente hasta sus destinos en el interior de las células. De otra parte, también era un enigma la capacidad de las proteínas de gran tamaño para atravesar las comprimidas membranas que rodean a esos compartimentos de las células llamados orgánulos. Blobel ha explicado que las señales de que van provistas las proteínas se pueden comparar a las etiquetas que permiten a las maletas llegar al aeropuerto correcto o a las cartas llegar a su destino.

Gracias a la labor de investigación de Günter Blobel, los científicos saben las causas de ciertas enfermedades genéticas originadas por una incorrecta localización de las proteínas en el interior de las células. Ejemplo son las enfermedades hereditarias que provoca la hiperoxaluria con formación de piedras en el riñón a temprana edad y la fibrosis quística. También se sabe que algunas formas de la hipercolesterolemia familiar, que se caracteriza por elevados niveles de colesterol en sangre, se deben al deficiente funcionamiento de esas señales de transporte de proteínas. En el futuro, estos avances pioneros mejorarán el desarrollo de fármacos específicos. En la actualidad muchos medicamentos cuya base son proteínas, como la insulina, la eritropoyetina, la hormona del crecimiento y el interferón, son producidos con bacterias manipuladas genéticamente. Gracias a Blobel se podrán producir ciertas proteínas humanas en células más complejas, como las levaduras.

Para Angel Martín Municio, Presidente de la Real Academia de Ciencias, la averiguación de la estructura de estas numerosísimas proteínas y de las señales responsables de su función ha construido durante los últimos años un cuerpo de doctrina fundamental, que ha conducido al diseño de una colección de objetivos para la actuación farmacológica en el campo de las disfunciones, con frecuencia genéticas, del transporte molecular de las proteínas a través de los distintos tipos de membranas presentes en la célula. Como ha escrito Ignacio Sandoval, del Centro de Biología Molecular Severo Ochoa, las consecuencias médicas de estos estudios son obvias. La deslocalización de una proteína, como consecuencia de la inactivación o lectura errónea de las señales de transporte que contiene, puede llevar a la pérdida de su función o que funcione en el lugar inadecuado. No cabe duda, y en bastantes casos ya ha sido demostrado, que estos errores pueden dar lugar a un amplio espectro de enfermedades, casi siempre hereditarias, cuyo remedio pasa necesariamente por la terapia genética: la introducción en el organismo enfermo del gen con la señal de transporte o con la maquinaria lectora correcta. Todos estos avances, en conexión con el Premio Nobel de Medicina son ya

utilizados por científicos de todo el mundo y por la industria farmacéutica. Ha señalado Bertre Daneholt, miembro de la Asamblea Nobel, que serán cada vez más importantes para la industria farmacéutica cuando en el futuro sea posible tomar células, repararlas con tecnología genética y reintroducirlas en el organismo.

Cabe traer a colación, finalmente que este Premio Nobel es el segundo que galardona la investigación en el área del tráfico de proteínas, puesto que la primera distinción nobeliana, a este respecto la obtuvieron, en 1985, Michael Brown y Joseph Goldstein, ambos, una vez más, norteamericanos.

PREMIO NOBEL DE CIENCIAS ECONÓMICAS

Robert A. Mundell, ha recibido el Premio Nobel de Ciencias Económicas. A pesar de los esfuerzos de la Real Academia sueca fuera por permanecer neutral pocos creen que sea casualidad que, en estos tiempos en que Suecia decide su integración en la Moneda Única, sus miembros hayan concedido tan alto galardón a una persona cuyas teorías son precursoras de la creación del euro y del Mercado Único Europeo.

Nacido en Kingsnton (Canadá) en 1932, Robert A. Mundell estudió en las Universidades de *British Columbia* y Washington y continuó sus trabajos en la *London School of Economics*. Se doctoró en el *Massachusset Institute of Tecnology* (MIT). Su labor más importante la ha realizado en la Universidad de Chicago junto a Harry Johnson fallecido prematuramente. Durante una larga temporada dejó Chicago para aceptar una oferta de la Universidad de Waterloo y volver así a Canadá. En la actualidad ejerce como profesor de Economía en la *Columbia University* de Nueva York. Desde 1988 es miembro de la Academia Americana de Ciencias y Artes y Doctor Honoris Causa por la Universidad de París y por la Universidad china de Rensmin. Durante algunos años Mundell cooperó con Marcus Fleming, Director del Fondo Internacional Monetario, y publicaron en colaboración los teoremas conocidos como el *Model Mundell-Fleming*. Puede decirse que Mundell es un economista cuya teoría de las áreas monetarias óptimas de 1963 han sentado la base de toda la discusión sobre la Unión Económica Europea y el euro. Sus contribuciones más importantes las realizó en la década de los sesenta, cuando integraba el movimiento innovador de los investigadores de la Universidad de Chicago. En varios artículos publicados en esos años, y recogidos en su obra *International Economics* (1968), Mundell ha desarrollado su análisis de forma simple, pero sus conclusiones son múltiples, sólidas y claras. Ha sido un campeón de la libertad económica. Junto a Arthur Laffer y Jude Wanniski formó parte del equipo de editorialistas del *Wall Street Journal*, que bajo la dirección de Robert Burtley contribuyó a abrir paso a la revolución reaganiana de los ochenta. En este sentido puede considerársele como uno de los fundadores de la economía de la oferta. Robert Mundell ha trazado la línea de la teoría que domina las alternativas concretas de la política monetaria y fiscal de la economía de mercado. Sus investigaciones sobre la dinámica del dinero y sobre las zonas monetarias «óptimas» están inspiradas en varios estudios de otros analizadores de la verdad económica, y su contribución ha sido calificada de excepcional.

En 1963, Mundell introdujo el comercio exterior y los movimientos de capitales en el modelo económico cerrado, que fue desarrollado poco más tarde por John Hicks, laureado con el Premio Nobel de Economía en 1972. Dicho análisis le ha permitido

mostrar cómo los efectos de una política de estabilización dependen del grado de movilidad del capital internacional. El modelo original de Mundell presentaba limitaciones que investigadores posteriores han corregido y ajustado. En el artículo sobre las «zonas monetarias óptimas» de 1961. Mundell ha señalado las ventajas de una moneda común como base de costes de transacción y una reducción del margen de incertidumbre sobre los precios relativos, y ha descrito también las desventajas. Una de las más importantes es que si una región particular quiere mantener el empleo, debe reducir los salarios reales, Mundell ha señalado la importancia de una elevada movilidad en el trabajo para paliar los llamados «choques asimétricos». Para él, una zona monetaria óptima es un conjunto de regiones con una propensión migratoria suficientemente grande como para asegurar el pleno empleo cuando una de las regiones debe hacer frente a los efectos del citado «choque asimétrico».

Mundell ha reflexionado con agudeza, no desprovista de cierto sentido profético, sobre los problemas de la evolución futura de los mercados de capitales. Problemas como el impacto de la política, según el valor de la moneda sea fijo o flote libremente, han sido objeto de sus análisis. En particular, ha demostrado el papel esencial jugado por el sistema de tasas de cambio. Esta variable constituye un instrumento eficaz, contrariamente a lo que ocurre en un sistema de tasas de cambio fijo. Una tasa de cambio variable está determinada por las fuerzas del mercado, ya que el banco central se abstiene de intervenir sobre la moneda. En este caso, la política fiscal resulta ineficaz, según el análisis de Mundell. Con una política monetaria inalterada hay más elevados gastos públicos, mayor demanda de dinero y tendencia a intereses más altos. Los movimientos de capitales se ingresan en el país reforzando la moneda, al punto de que el débil excedente de la balanza comercial anula los efectos expansionistas del acrecentamiento de los gastos públicos. Por el contrario, según el mismo análisis, en un sistema de tasas de cambio variables la política monetaria deviene en un instrumento eficaz. Un aumento de la masa monetaria produce una bajada de las tasas de interés que atrae los capitales y debilita la moneda, lo que favorece la expansión económica y eleva el excedente de la balanza comercial. Una tasa de cambio variable y una fuerte movilidad de capital son característicos del sistema monetario vigente en la mayoría de los países. El análisis a comienzos de la década de los sesenta, era considerado como una curiosidad académica. Entonces, casi todos los países estaban ligados a una tasa de cambio fijo en el seno de los acuerdos llamados de Bretton-Woods. Igualmente, los movimientos de capitales estaban muy limitados, especialmente por los controles de cambio y de los movimientos de capitales. La ingente labor de Mundell ha tenido eco en todo el mundo ya que permite interpretar y analizar de forma accesible los resultados de cualquier política económica. Su teoría ha servido como un instrumento que podrá influir sobre la actividad del dinero. Su doctrina es la expansión del capital, lo que proporciona intereses más bajos, factor definitivo para reducir el cambio de la moneda y mejorar la salud de la economía nacional, gracias a la exportación neta.

Robert A. Mundell en los años noventa estuvo en España invitado por Guillermo de la Dehesa *co-chairman* del *Centre for Economic Policy Research* de Londres. Se trataba de una conferencia internacional sobre el futuro monetario de Europa en la que tuvo varias intervenciones el nuevo Premio Nobel de Ciencias Económicas. Últimamente ha expresado que la corona sueca debe integrarse «sin pérdida de tiempo» en la Moneda Única. Suecia conseguiría así una política del dinero y fiscal más humana y una mayor afluencia de inversiones exteriores. Al mismo tiempo, ha asegurado que su ingreso en la Unión Económica y Monetaria, supondría también una mejor política monetaria.