

Premios Nobel de Química y Física 2011

MANUEL CASTILLO MARTOS Y DOLORES PEÑA RUEDA

LA CIENCIA PROGRESA POR SU IMPERFECCIÓN

Todo lo humano es histórico y la historia real muestra el cuadro de una amplia pluralidad de culturas, que por su mera existencia se relativizan entre sí, y neutralizan toda pretensión de universalidad normativa de una frente a otras. De esta intuición nació el impulso para el más audaz cambio que hizo el hombre, y que contribuyó en gran medida, a que en la Grecia clásica comenzara la sistematización del pensamiento y la separación de lo mágico y religioso del logos para observar la naturaleza, y entender de qué estaba compuesta. El interés por comprender la materia que le rodeaba le llevó a experimentar para responder a las preguntas que se hacía. Si esto se hizo primeramente en Mileto, con Tales, pronto trascendió a los laboratorios alquímicos, de aquí, en el siglo XVIII, pasó a formar parte de la Química y de la Física, y desde mediado el siglo pasado formar parte de los estudios más actuales e innovadores tendentes a desentrañar la parte más íntima de materia, por un lado y explicar lo que sucede en el universo. Desentrañar la materia desde lo más pequeño y lo más grande.

Estos pasos se han dado por la imperfección que nos rodea, a la que la ciencia no es ajena: lejos de ser un problema constituye un motor indispensable para aspirar a mejorar continuamente, y es lo que la ciencia ha hecho y sigue haciendo con el poder de la razón para elevar la condición humana, siguiendo los postulados de la Ilustración dieciochesca, y por otra parte como ciencia transdisciplinar, con uno de los objetivos: servir a la cultura general y contribuir a la destrucción de las supersticiones y dogmatismos que permanecían enquistados en la mentalidad e imaginario popular.

Los científicos son quienes han sido más conscientes del valor de la imperfección, porque la ciencia mejora continuamente explicaciones imperfectas de la naturaleza. Veamos: Laplace, en 1814, escribió que la física newtoniana era el poder absoluto, y si fuera tan amplia como para someter a análisis todas las fuerzas que animan la naturaleza, podría interpretar los movimientos de los cuerpos más grandes del universo y los más pequeños de los átomos. En 1894, Michelson, premio Nobel de Física, en 1907, sostenía que probablemente la mayoría de los grandes principios básicos hayan sido ya firmemente establecidos y que haya que buscar

los futuros avances sobre todo aplicando de manera rigurosa estos principios, *las futuras verdades de la Física se deberán buscar en la sexta cifra de los decimales*. Pero hubo descubrimientos que revolucionaron ese pensamiento: En 1895, Röntgen descubría los rayos X y, un año después, Curie la radiactividad. Entre 1905 y 1915, se enunciaron las dos teorías de la relatividad de Einstein, la especial y la general, y entre todos destruyeron el mundo newtoniano, tan firme y seguro como se consideraba.

La teoría general de la relatividad es uno de los pilares en los que se fundamenta la física actual, y describe las grandes escalas –comportamiento de planetas, estrellas, galaxias y sus interacciones gravitatorias–, y ha sido puesta en cuestión por estar relacionada con la expansión acelerada del universo, tema del Premio Nobel de Física de 2011. En su ecuación matemática, la aceleración es igual a la variación de la velocidad partida por el tiempo y, justamente en el intervalo de unos días, hemos conocido que sí, de una parte, los neutrinos superan a la supuestamente invencible velocidad de la luz, la Academia sueca ha premiado a los descubridores de la llamada materia (energía) oscura, que provoca una aceleración en la continua expansión del universo.

El otro es la mecánica cuántica que rige el mundo subatómico, estudiado por la Química Inorgánica y la Química Física, áreas estrechamente unidas al descubrimiento de cuasicristales, que ha ido en contra de los principios establecidos. El químico estadounidense Linus Pauling, dos veces ganador del Premio Nobel (1954 de Química, 1962 de la Paz), aseveró: *Los cuasicristales no existen, lo que existen son los cuasicientíficos*.

Si nos adentramos en los estudios del universo, en la actualidad nos estamos viendo abocado a una nueva definición de planeta, toda vez que a la Tierra le ha salido un compañero de viaje en su travesía alrededor del Sol; es un objeto de unos 300 m de diámetro, perteneciente a los denominados *asteroides troyanos*, que, a diferencia de otros cuerpos menores de nuestro Sistema Solar, mantiene una órbita estable. Su existencia se suponía pero hasta ahora no había sido observado. Su trayectoria es similar al trazado por un muelle cuyo eje central fuera la órbita terrestre. El hallazgo, según Martin Connors, investigador de la Universidad de Athabasca (Canadá) y principal responsable del descubrimiento, confirma que nuestro planeta Tierra puede tener otros *troyanos* en su órbita, lo cual puede ayudar a comprender como se formó la Tierra, y a responder ¿es la Tierra un planeta?

Para la primera cuestión se parte de que la Tierra es geológicamente muy activa, con lo que ha destruido muchas evidencias de su nacimiento; incluso la Luna tampoco ofrece muchas pistas sobre ello, mientras que los asteroides que no han cambiado mucho desde los inicios del Sistema Solar pueden darnos información valiosa. Por lo que atañe a la segunda, hay que empezar por señalar que la existen-

cia de asteroides en la órbita de algunos planetas puede plantear dudas acerca de si la definición de planeta, aprobada, en 2006, por la Unión Astronómica Internacional, permanece después de esto invariable. Los planetas se forman a partir de un disco de material compuesto esencialmente por rocas y gases, que gira en torno a una estrella y que se conoce como disco protoplanetario. Por efecto gravitatorio, los distintos pedazos se van agrupando hasta formar el planeta. Una vez formado, y según la definición actual, este tiene que haber limpiado su órbita de todo ese material, ya sea porque ha pasado a formar parte del mismo, o porque ha sido expulsado de la órbita. Así, pues, cabe plantearse ahora si la existencia de *asteroides troyanos* es compatible o bien pone en jaque la actual definición de planeta. Ante esto surge el hecho que Júpiter tiene muchos *troyanos*, más de 5.000, y Connors reconoce que se podría decir que su órbita no está limpia, ¿no es por tanto un planeta? Sin embargo, cuando en la definición se habla de órbita limpia, se refiere a asteroides de órbitas inestables, denominadas planetesimales, no a los *troyanos*.

Para algunos expertos en dinámica planetaria, por ejemplo, Julio Ángel Fernández, de la Universidad de Uruguay y uno de los responsables de la actual definición de planeta, dice que la diferencia está en que si Júpiter se le considera un planeta, a pesar de tener muchos *troyanos* en su órbita, y a Plutón no en la misma definición, es porque Plutón se mueve entre objetos de tamaño comparable al del propio planeta, mientras que los objetos alrededor de Júpiter son infinitesimales en comparación con este. La controversia académica está servida. De todo esto se desprende que no existe perfección ni en los humanos (Para más datos de ciencia e imperfección ver: Rita Levi-Montalcini, Premio Nobel de Medicina, 1986, *Elogio de la imperfección*, 1999, Ediciones B, y 2011, Tusquets).

Esta imperfección que impregna el quehacer de los científicos, y por ende a la ciencia no queda ahí. Se une indefectiblemente a convivir con la incertidumbre y abandonar la ecuación sabiduría=certeza, que origina el fundamentalismo. Lo fascinante es que hayamos sido capaces de detectar mínimas alteraciones imperceptibles producidas por fenómenos perceptibles. Por ejemplo, veamos lo sucedido por el terremoto de Chile del año pasado: que desvió el eje de la Tierra haciendo los días más cortos, y al desplazar enormes masas de rocas en un punto de la corteza causó un efecto, aunque muy pequeño en valores relativos. Es como si una pesada peonza girando sobre una superficie suave, como de hielo o mármol pulido, se encontrara un granito de azúcar. Su movimiento se altera, pero las leyes de la física hacen que su dinámica se recupere en gran medida. En el caso que estamos hablando, las alteraciones de la Tierra fueron de centímetros en cuanto al eje de giro (a comparar con los 40.000 km que tiene su circunferencia) y de microsegundos en cuanto al periodo diurno (que es como un segundo respecto a algo más de dos milenios). Lo fascinante de todo esto, como hemos dicho, es que seamos capaces de detectar estas mínimas alteraciones.

Se sabe, desde hace tiempo, que los textos científicos son de naturaleza hojaldrada, finos estratos de significado entre los que circula el aire del tiempo y las huellas de textos precedentes que condicionan su nacimiento. Por sorprendente que parezca es la toma de conciencia de la imperfección lo que ha estimulado la mente de las personas para estar siempre innovando y queriendo ir más allá, no conformándose con lo ya sabido, sino adaptar los progresos científicos de cualquier orden para compaginarlos con los saberes del momento y usarlos como una muleta que ayude a recorrer el camino machadiano, volver la vista atrás y tomar lo verdaderamente importante para construir una nueva ciencia, con el pensamiento puesto en lo que queda por hacer, tomando lo hecho como base para seguir avanzando.

Es de sobra sabido que la exploración del mundo físico se hace con instrumentos que siempre conllevan indeterminación o margen de error, lo cual conduce a aguzar el ingenio para disminuir ese margen, o sea obtener precisión, con lo que se ha llegado a descubrimientos en campos diversos: astronomía, nanotecnología, o el microcosmos del átomo. Si la exactitud matemática siempre será fuente de asombro y placer intelectual, lo que nos alegra es el progreso que genera la exploración cada vez más precisa de la naturaleza, bien sea el universo que nos rodea, Premio Nobel de Física, o los materiales con que convivimos, Premio Nobel de Química.

La difusión cada año, en prensa, radio y TV de la concesión de los Premios de Nobel, hace que la ciencia sea la noticia. Y según decía Stewart Brand: *La naturaleza humana no cambia demasiado; la ciencia sí lo hace, y ese cambio se acumula, alterando el mundo de forma irreversible.*

En los últimos tiempos se ha concluido que no hay antagonismo entre ciencia y arte, sino una complementariedad entre ellos. La mecánica cuántica surge en la misma época que el cubismo, por ejemplo, en el primer cuarto del siglo pasado. Y el Premio Nobel de Química de 2011, a Daniel Shechtman, lo ha sido al valorar su descubrimiento de los cuasicristales, que al decir la institución sueca que concede el galardón, son como *los fascinantes mosaicos del mundo árabe reproducidos al nivel de átomos, patrones regulares que nunca se repiten a sí mismo.* En relación con el Premio de Física, podemos parafrasear a José Ángel Valente cuando escribió:

No basta mirar; / la luz no basta. / Porque he mirado en vano tantas veces, / tantas veces en vano creí ver. / La luz no basta.

Poéticamente dice lo que viene intrigando a físicos y astrónomos: la materia oscura del universo que constituye una porción muchísimo mayor que el de estrellas y galaxias cuya luz vemos con los más portentosos telescopios. Es decir, se está poniendo en valor el complemento ciencia y arte del que hablábamos.

PREMIO NOBEL DE FÍSICA, 2011

Los laureados

El Premio Nobel de Física ha recaído este año en tres norteamericanos, **Perlmutter, Riess y Schmidt**, por un descubrimiento paradójico, cuando los investigadores trataban de demostrar que la expansión del universo se estaba frenando encontraron con el fenómeno contrario, se estaba expandiendo aceleradamente y responsabilizaron de ello a la materia oscura. Del sorprendente hallazgo, que fue presentado en 1998, opinaron que era algo que se veía venir, pero no esperaban que fuera tan pronto este reconocimiento de la Academia sueca.

Saul Perlmutter, nació en 1959, en Champaign-Urbana (Illinois) y se doctoró, en 1986, Ciencias Físicas en Berkeley, Universidad de California, en la actualidad es profesor de astrofísica en el Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL), de esa Universidad, donde continúa trabajando en el desarrollo de Supernova Cosmology Project, proyecto que puso en marcha con un equipo de investigación, en 1988, en la citada Universidad. Perlmutter lideró el citado Proyecto en el que se integró Adam Riess. Fueron quienes hallaron evidencias de que la expansión del universo se está acelerando en base a la observación de las estrellas supernova de clase *la* del universo profundo.



También lidera las investigaciones en el proyecto Supernova/Pruebas de aceleración, programado para colaborar en la construcción de un satélite dedicado a localizar y estudiar más estrellas supernovas a gran distancia. De esta manera se podrá establecer una teoría que explique acertadamente la aceleración en la expansión del universo. A su vez es partícipe del programa Berkeley de medición de la temperatura de la superficie de la Tierra, que ayudará a comprender el reciente calentamiento global a través de la realización de análisis de datos climáticos.



Adam G. Riess, nació en Washington en 1969, se doctoró en Física por la Universidad de Harvard, en 1996. En la actualidad enseña Astronomía y Física en la Universidad Johns Hopkins e investiga en el Space Telescope Science Institute de Baltimore, sobre High-z Supernova Search Team, liderado por Perlmutter, y trabaja con el telescopio espacial Hubble para obtener datos de una veintena de las supernovas más distantes.

Brian P. Schmidt, nació en Missoula, Montana, en 1967, alcanzó el grado de doctor en Física por la Universidad de Harvard, en 1993. Se instaló en Australia, al año siguiente, tras casarse con Jenny M. Gordon, estudiante de económicas en aquella Universidad. Se especializó en Astrofísica, y es profesor distinguido del Consejo de Investigaciones Científicas de Australia, y forma parte de la Universidad Nacional de Australia y del Observatorio Astronómico de Monte Stromlo, pertenece al Centro Nacional de Investigación de Astronomía y Astrofísica (Australia) y es conocido por el uso de la investigación de estrellas supernovas en el estudio cosmológico.



Schmidt lideró el equipo de investigación High-Z Supernova donde realizó una medición de la expansión del universo hasta llegar a los ocho mil millones de años-luz en el pasado. En 1998, este equipo junto con el Proyecto Supernova Cosmology, hallaron evidencias de que el universo se estaba acelerando en su expansión; y fue señalado por la Revista *Science* como *el acontecimiento más rompedor del año*. Actualmente lidera el proyecto de cartografía celeste para el proyecto del telescopio espacial y forma parte de la Red de Estudio del Cielo Austral (Southern Sky Survey). Actualmente ejerce como miembro destacado del Consejo de Investigaciones Científicas de Australia.

Los tres investigadores que comparten el Premio Nobel de Física de 2011, ya compartieron premios antes, entre ellos el Shaw en Astronomía, del año 2006, por aportar evidencias a favor de la aceleración en la expansión del universo.



La investigación

En la primera mitad del siglo pasado, gracias a nuevos telescopios, se descubrió la existencia de otras galaxias. En 1929, tras observarlas por varios años, el astrónomo americano Edwin Hubble descubrió que el universo está en expansión y las galaxias, cuanto más lejos están, se alejan a mayor velocidad.

En el universo, como un globo que crece, los puntos más lejanos se alejan más rápido. Si la Tierra duplicara su diámetro en un día, el lugar en el que Huacho está hoy a 100 km, quedaría a 200 km y el lugar de Miami hoy a 4.500 km, quedaría a 9.000 km. La velocidad de alejamiento sería 100 km al día para Huacho y 4.500 para Miami. Debido al efecto “Doppler”, que aumenta la longitud de onda con la velocidad, la luz de las galaxias más lejanas, por alejarse más rápido, tiende al rojo.

Tras constatare a principios del siglo XX que el universo no era un sistema estacionario, sino que se estaba expandiendo, los astrónomos pensaban (basándose en la materia observable y la energía medible) que la expansión originada en el Big-Bang se vería frenada con el tiempo debido a la atracción gravitatoria. Hasta la década de 1980 prevaleció la hipótesis del final del universo en forma de Gran Implosión, o Big-Crunch; el universo iría expandiéndose cada vez más despacio, hasta que en unos miles de millones de años la fuerza gravitatoria acabaría imponiéndose a la fuerza expansiva del Big-Bang. En ese momento, el universo comenzaría a contraerse para acabar constreñido en la singularidad Big-Crunch, y a partir de ese momento, se especulaba que podría originarse un nuevo Big-Bang, y por tanto, un nuevo universo. De esta hipótesis podía deducirse que la historia del cosmos, quizás eterna, podría consistir en un ciclo de sucesivos Big-Bang y Big-Crunch que borrarían toda la información de un universo antes de iniciar el siguiente.

Hasta la década de 1990, se consideraba que la expansión del universo era constante y que, eventualmente, se frenaría por la gravedad. Sin embargo, dos equipos de astrónomos se dedicaron a estudiar con telescopios la expansión observando supernovas, estrellas que colapsan para luego explotar produciendo una enorme luminosidad por un breve tiempo.

La nueva generación de telescopios superpotentes, en funcionamiento desde 1990, apoyados por ordenadores más sofisticados que los conocidos hasta entonces, y con nuevos sensores digitales de imagen, abrió la posibilidad de desvelar más detalles sobre el enigma de la dinámica del universo. Perlmutter fue el primero en poner en marcha un equipo de investigación, en 1988, en la Universidad de California, denominado el Supernova Cosmology Project. Schmidt hizo lo propio seis años después con el High-z Supernova Search Team. Los dos equipos emprendieron entonces una carrera para tratar de demostrar que la expansión del universo se estaba ralentizando, según creencia generalizada. Nada mejor para su propósito que hacer

mediciones de las supernovas más distantes, en concreto, las de tipo *la*, por ser estrellas que explotan generando una gran radiación. Se trata de la explosión de una estrella vieja y compacta, enana blanca, que ya ha completado su ciclo de vida, y tiene una masa como el Sol pero un tamaño tan reducido como la Tierra, y que emite tanta luz como una galaxia completa.

La enana blanca es una estrella moribunda porque las reacciones nucleares casi han cesado, y orbita cerca de otra estrella. Debido a su alta densidad, aquella puede robar material de su compañera acumulándolo en la superficie. En teoría, la enana blanca puede robar material hasta el límite de Chandrasekhar, porque si lo sobrepasa se colapsa por no poder soportar el peso. Antes de que esto ocurra, hay un aumento de presión y densidad que provoca un aumento de temperatura, lo que enciende las reacciones nucleares nuevamente. Este proceso rompe la estrella haciéndola estallar como una supernova tipo I. Estas estrellas pueden mostrar señales de ausencia de ciertos elementos químicos, cuando el elemento faltante es hidrógeno se llama supernova tipo Ia (SNIa).

Dado que todas las SNIa ocurren por este mecanismo, todas emiten su luz de la misma manera. Esto es una excelente noticia para los astrónomos ya que las estrellas son un zoológico que vienen en muchos tipos, el tener un tipo especial de estrella que brilla de la misma manera la convierte en una excelente herramienta para medir distancias. Esto es porque si sabemos cómo brilla se puede medir cómo se observa desde la Tierra, como la intensidad disminuye con la distancia mientras menos intensa se observe una SNIa más lejos se encuentra de nosotros. Los astrónomos entonces pueden usarlas como medidores de distancia, y dado que las supernovas son muy brillantes pueden emplearse para medir distancias a escalas cosmológicas.

Existe sin embargo un problema: no se sabe dónde ni cuándo aparecerá una SNIa. Una técnica desarrollada hace décadas consiste en observar una zona determinada del cielo, después de unas semanas observar la misma zona, y luego comparar. De esta manera se pueden encontrar nuevos objetos en el cielo.

La falta de **fiabilidad** de las supernovas *la*, las **interferencias** en la luz provocadas por el polvo cósmico y el arduo trabajo de encontrar el tipo adecuado de estrellas, así como medir su brillo y analizar su curva de luz exigió una ingente labor e involucró a un gran número de científicos. Pero al final los astrónomos de los dos equipos comenzaron a peinar el universo en busca de estrellas supernovas distantes, usando como estrategia la comparación de dos imágenes de una misma parcela del espacio tomadas en un plazo de sólo tres semanas, ya que las explosiones de las supernovas son muy potentes y al tiempo muy breves. Ambos equipos lograron finalmente encontrar medio centenar de supernovas válidas para la investigación, pero el resultado fue distinto del esperado: del análisis de la luz emitida se dedujo que su luz era más débil de lo que se creía, signo de que estaban viajando más y más lejos. Lo que interpretaron como una señal de que la expansión del universo no se ralentizaba, sino que se aceleraba con el tiempo.

Hasta ese momento se sabía que en el universo hay materia oscura y visible, y su función en la formación gravitacional origina estructuras diferentes. La materia oscura, que por su naturaleza no es afectada por la radiación pero sí por la gravedad, pudo haber comenzado a formar estructuras mucho antes que la materia visible, que es golpeada por el flujo energético de fotones. Moldeada por los contornos del espacio que en el universo preinflacionario se originaron como fluctuaciones cuánticas, la materia oscura pudo haber comenzado a agregarse bajo la influencia de la gravedad, tan pronto como 10.000 años después del Big Bang. A los 300.000 años la separación de la materia y la radiación liberó una materia ordinaria visible que sería atraída por las estructuras formadas por la materia oscura; a medida que la materia visible se agregaba, las estrellas y las galaxias iban tomando forma.

Tras la sorpresa inicial de la expansión acelerada y posteriores observaciones, los cosmólogos empezaron a analizar el fenómeno y buscar explicaciones a lo que consideraban el descubrimiento cosmológico más importante de los últimos 30 años, que sacudió la física e introdujo una nueva incógnita en la cosmología. La teoría más aceptada es que está en acción la llamada constante cosmológica de Einstein, una fuerza de repulsión (algo parecido a la atracción gravitacional, pero de signo contrario) que él introdujo en su teoría para frenar el universo y hacerlo estable, como se pensaba entonces que era. Cuando se descubrió que el cosmos estaba en expansión y que, por tanto, no hacía falta frenarlo, Einstein dijo que la constante cosmológica era su mayor error. Décadas después los científicos galardonados han desempolvado la idea para explicar, con esa fuerza de repulsión, *la aceleración del universo*, y al reconsiderar dicha constante cosmológica, se vio que quizás Einstein no estaba equivocado después de todo, ya que sería lo que hoy llamamos energía oscura; y su teoría de la relatividad general, básicamente es una teoría moderna de la gravedad.

A pesar de que su existencia es aún escurridiza para los científicos, las mediciones de Perlmutter, Schmidt y Riess dieron datos diferentes a la cantidad de materia y energía que se creía componían el universo. Tales resultados exigían que existiera una gran proporción, aproximadamente tres cuartas partes, de una energía no detectada, que vino a llamarse “energía oscura”, y que tendría una presión negativa o antigravitatoria. Era una apuesta algo arriesgada, en la que primó la parte empírica, al resultar que esta energía oscura podría representar el 74% del Universo, y jugar un papel fundamental en él. El resto estaría compuesto por 22% de materia oscura fría y el 4% restante de materia normal, es decir los átomos conocidos.

Para predecir como acabará el universo, contrayéndose hasta un Big-Crunch o expandiéndose indefinidamente, es necesario avanzar considerablemente en nuestro conocimiento de la energía oscura, dado que las consecuencias de un modelo de expansión acelerada pueden representar un final muy distinto para el universo. Si la energía oscura representa un valor constante, las galaxias seguirán separándose indefinidamente, excepto las ligadas gravitacionalmente, como nuestro supercúmulo de Virgo, acabando el universo como un vasto espacio oscuro, formado por una infini-

dad de galaxias compuestas de millones de estrellas apagadas que continuarán alejándose unas de otras eternamente.

Por el contrario, si la densidad de energía oscura aumenta con el tiempo, como proponen algunos modelos, la aceleración alcanzaría valores que superarían primero la fuerza de atracción gravitatoria de los cúmulos de galaxias, disgregando éstos. Con el tiempo, la aceleración superaría también las fuerzas que mantienen unidas las propias estrellas dentro de las galaxias, posteriormente los planetas y cuerpos del sistema solar y finalmente incluso las fuerzas nucleares que mantienen los átomos. El resultado sería un “desgarramiento” total de la materia, y el universo acabaría como un espacio ocupado exclusivamente por partículas subatómicas dispersas en continuo alejamiento. Esta teoría se conoce como el Gran Desgarramiento o Big-Rip, y representa solamente una de las posibles alternativas que, como decimos, dependen de la verdadera naturaleza de la materia oscura.

Hay cosmólogos y físicos españoles que han trabajado con los laureados con el Nobel. El astrofísico de la isla de La Palma, Javier Méndez, fue miembro del equipo de Perlmutter, en la Universidad de Berkeley, junto con Pilar Ruiz de la Universidad de Barcelona; e hizo observaciones en La Palma para dicho grupo de investigación, con telescopios instalados en las cumbres de isla, especialmente con el William Herschel, que con un espejo primario de 4,2 metros de diámetro, era el más significativo del observatorio del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), en El Roque de Los Muchachos; hasta que, en 2009, empezó a funcionar el Gran Telescopio de Canarias (Grantecan), con el que se exploran supernovas.

En 1998, cuando el anuncio de la expansión acelerada hizo que el mundo de la Física se tambaleara, Narciso Benítez, miembro del Instituto de Astrofísica de Andalucía (CSIC), se encontraba investigando con Adam Riess, en EEUU, y los dos, en 2004, firmaron un artículo en el que avanzaban resultados que encajaban con la expansión acelerada del universo, donde afirmaban que debido a un viejo fenómeno de la física, la huida de las estrellas provoca un desplazamiento al rojo en su espectro, pero cuando una galaxia se acerca, la luz que emite su espectro se desplaza hacia el azul.

El astrónomo español Mariano Moles, uno de los animadores actuales de la investigación astrofísica española, admite que hay que seguir investigando para conocer la energía oscura. Para ello Moles y su equipo en el Observatorio Astrofísico de Javalambre (Teruel), escrutan el cosmos en busca de respuestas a los enigmas destacados por la expansión acelerada del universo, y tratan de elaborar un mapa en tres dimensiones de una región del universo. En la forma de los racimos de galaxias podrían estar algunas claves de la naturaleza de la energía oscura, que supuestamente los modela.

El descubrimiento que ha merecido el Premio Nobel de 2011, supone una bofetada para la tradicional concepción de que el ser humano ocupa un lugar central en el

cosmos. Es probable que como dicen Stephen Hawking y Leonard Mlodinow, en *The grand design* -cuya reseña he escrito recientemente en *LLULL-*, cada vez que veamos las estrellas bastará con que pensemos en la leyes de la nueva Física y las Matemáticas, la ciencia no necesita a un Dios para hacer su trabajo. Y podemos completar esa reflexión con esta otra: al hombre no le basta la ciencia para ser feliz.

PREMIO NOBEL DE QUÍMICA, 2011

El laureado

Daniel Shechtman (Tel Aviv, 1941) hizo el descubrimiento de los cuasicristales, en 1982, que según ha explicado la Academia sueca, *En ellos hallamos reproducidos los fascinantes mosaicos árabes en el nivel atómico: patrones regulares que nunca se repiten a sí mismo. Sin embargo la configuración descubierta en los cuasicristales se consideraba imposible y Shechtman tuvo que luchar una dura batalla contra la ciencia establecida.*



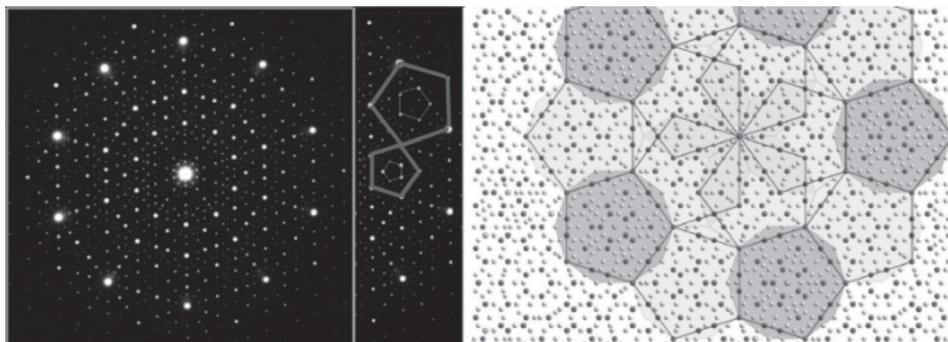
Tras recibir el doctorado en Ingeniería de Materiales del Instituto Technion de Israel, en 1972, trabajó en los Laboratorios de Investigación Wright Patterson AFB, en Ohio (Estados Unidos) y tres años más tarde entró en el Departamento de Ingeniería de Materiales del Instituto Tecnológico de Haifa, Israel, donde es actualmente profesor, y está vinculado el Departamento de Ciencias de los Materiales de la Universidad Estatal de Iowa, en los EEUU.

Shechtman ha obtenido varios premios y reconocimientos: Premio internacional por Nuevos Materiales de la Sociedad Física Americana (1988). El Rothschild de Ingeniería (1990). El Wolf de Física (1999). El Gregori Aminoff de la Real Academia de las Ciencias de Suecia (2000). Y el Galardón de la Sociedad Europea de Investigación de Materiales (2008). Además pertenece, desde el año 2000, a la Academia Nacional de Ingeniería de Estados Unidos, y, desde 2004, a la Academia Europea de las Ciencias.

La investigación

El trabajo de Shechtman ha alterado fundamentalmente la concepción que los químicos tenían acerca de la materia sólida, al creer que en dicha materia los átomos

estarían dentro de los cristales siguiendo un patrón simétrico, que se repetiría periódicamente una y otra vez. Hasta entonces, se requería la repetición para obtener un cristal, pero la imagen que surgió en el microscopio electrónico ante los ojos de Shechtman, el 8 de abril de 1982, contradecía las leyes de la naturaleza. Los átomos en el cristal de esa imagen formaban un patrón que no podía repetirse y que, en teoría, era imposible: se trataba de unas estructuras en las que los átomos están contenidos en un patrón que no se repite, como ocurre en los mosaicos árabes.



El descubrimiento lo hizo Shechtman al estudiar una aleación de aluminio y manganeso de aspecto extraño, que al microscopio electrónico le reveló una imagen aparentemente ilógica: círculos concéntricos cada uno de ellos compuesto por diez puntos brillantes situados a la misma distancia uno del otro. Según las leyes de la naturaleza, aquello era imposible. *Eyn chaya kazo* (No puede existir una criatura así), se dijo Shechtman a sí mismo. Una estructura con simetría décupla, era imposible. Tras someter el cristal, luego conocido como cuasicristal o sólido cuasiperiódico, a varios experimentos, para descartar que se tratase de una agrupación simétrica de cristales idénticos, descubrió que en realidad su simetría era quíntupla, igualmente imposible en las concepciones científicas de la época. Mostraba una disposición atómica que salía de toda lógica: un punto brillante al centro, rodeado por otros 10 ubicados a la misma distancia unos de otros.

Lo que había hecho Shechtman previamente fue bombardear con electrones dicha aleación, y enfriarla rápidamente. Los electrones actuaron como una onda, y en los puntos en los que se produce una intersección aparece un punto blanco. Así obtuvo una representación bidimensional, con una estructura resultante que se articula en forma de polígonos concéntricos de diez lados. Si se rotaba la imagen 36° (la décima parte del círculo) el esquema se repite. La disposición de los átomos era algo que iba contra todas las leyes conocidas de la naturaleza. Se podía esperar encontrar 4 o hasta 6 átomos rodeando al átomo central, pero no 10.

Casi todos los compuestos sólidos de la naturaleza forman cristales, donde los átomos se disponen formando un patrón ordenado y repetitivo, y según la composi-

ción adquieren distintas simetrías, por ejemplo, las estructuras cristalinas de sal común, agua y oro, se basan en el ordenamiento de 3, 4 o 6 átomos rodeando al átomo central, respectivamente, ya que su simetría puede ser repetida así se rote la imagen 120° , 90° o 60° . Algo que no ocurre con la simetría de un cristal con 5 átomos alrededor del átomo central. Lo mismo ocurriría para uno de 7 o más átomos, en aquella época, una estructura cristalina de 10 átomos ni siquiera estaba considerada en las Tablas Internacionales de Cristalografía.

El hallazgo, en 1982, fue tan controvertido, que ante la defensa insistente que Shechtman hizo de ello, su jefe del laboratorio le pidió que abandonara el grupo de investigación. Sufrió no pocos contratiempos, burlas y dificultades con la comunidad científica, como ver rechazada la publicación de un artículo sobre el descubrimiento en la prestigiosa *Physical Review Letters*, aunque gracias al apoyo de otros colegas, que concordaron en la veracidad de sus investigaciones, salió a la luz dos años más tarde. A partir de aquí, los científicos capitularon ante la evidencia, y reconsideraron el concepto que se tenía de la naturaleza de la materia, y el especial significado para la investigación básica centrada en el conocimiento de los principios fundamentales de la naturaleza.

No obstante, no ha faltado quien ha echado de menos que el Premio Nobel no estuviera compartido con Roger Penrose, físico y matemático, que teorizó sobre los cuasicristales, en la década de 1970. Bien es verdad que, Shechtman aún no podía relacionar el patrón de difracción con la estructura atómica, en otras palabras, no sabía cómo estaban empaquetados los átomos en este cristal. La respuesta vino gracias a los mosaicos aperiódicos los cuales fueron aplicados a la cristalografía. Los mosaicos o teselados son un patrón de figuras que se repiten con regularidad cubriendo por completo una determinada área sin dejar huecos y ni formar superposiciones. Por ejemplo, una pelota de fútbol clásica es un mosaico de pentágonos y hexágonos. Penrose desarrolló un mosaico sin periodicidad usando dos figuras: un rombo delgado y uno grueso.

El cristalógrafo Alan Mackay, se le ocurrió la idea de poner átomos en los puntos de intersección de los mosaicos de Penrose y uso esta disposición como molde de un patrón de difracción para ver qué cristales se ajustaban a esta singular forma. Lo que resultó fue el patrón de difracción simétrico, donde había un átomo central y 10 alrededor a la misma distancia unos de otros. Los encargados de relacionar los trabajos de Shechtman y Mackay fueron los físicos Paul Steinhardt y Dov Levine quienes tuvieron acceso al artículo de Shechtman antes de ser publicado porque ellos fueron los revisores asignados por la Revista *Physical Review Letters*. Ambos científicos publicaron su hallazgo 5 semanas después de publicarse el trabajo de Shechtman y fueron ellos a los que se les debe el nombre de cuasicristales.

Los químicos interpretaban antes la regularidad de un cristal como un patrón periódico y repetitivo, por ejemplo: 2, 4, 8, 16, 32,.... Sin embargo, la secuencia de Fibonacci también es un patrón regular, aunque nunca no sea repetitivo. En la se-

cuencia de Fibonacci, un número es el resultado de la suma de los dos anteriores: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21,... como pueden ver no parece tener un patrón repetitivo, pero si dividimos un número de la secuencia entre el anterior veremos que todos conservan prácticamente el mismo valor, 1.6, llamado la proporción divina o el número áureo, encontrado en muchos lugares de la naturaleza. Además, las distancias interatómicas en los cristales seguían esta secuencia.

Los académicos que han concedido el Premio Nobel a Shechtman, se han basado también en este último hecho: *para describir los cuasicristales hay que utilizar un concepto derivado de las matemáticas y del arte, el número áureo, que despertó el interés de los matemáticos de la Antigua Grecia.* Tras el descubrimiento de esta nueva estructura cristalina, otros investigadores han hecho distintos tipos de cuasicristales en laboratorio e incluso han descubierto algunos naturales, caso de los encontrados en los minerales del río Khatyrka, en Rusia.

Los cuasicristales están presentes en el agua y en algunos tipos de metales muy duraderos, lo que sugiere que esta estructura es sumamente estable. Sin embargo, se fracturan con facilidad, tal como lo hace el vidrio. Asimismo, se han visto cuasicristales en un tipo de acero de los más duros del mundo, empleado para fabricar hojas de afeitar y finísimas agujas para operaciones oculares. Además, se está experimentando su empleo en materiales para hacer piezas de motores Diesel. Otra propiedad con uso industrial, derivada de la disposición de sus átomos, es ser malos conductores térmicos y eléctricos, lo que es aprovechado para hacer materiales termoeléctricos que evitan la pérdida de calor, y para protectores antiadherentes en sartenes.