

UNA FÁBRICA DE HIDROCARBUROS EN EL FONDO DEL MAR

Un equipo de científicos de la Universidad de Minnesota ha descubierto como rocas enriquecidas con hierro y cromo pueden generar gas natural (metano) e hidrocarburos relacionados cuando reaccionan con fluidos súper calentados (hidrógeno, sulfuro de hidrógeno y dióxido de carbono) que circulan bajo el suelo del fondo submarino del Océano Atlántico [*Science*, **304**, 1002 (2004)]. Estos hidrocarburos pudieron formar parte de la dieta de algunos de los primeros organismos que habitaron la Tierra. Además, el metano producido de esta forma pudo contribuir al agravamiento del efecto invernadero causante del calentamiento global en las distintas épocas

del desarrollo terrestre. Los investigadores, D. Foustoukos, F. Qi y W. E. Seyfried, Jr. presentaron una porción de este trabajo en la reunión del año 2004 de la American Geophysical Union, en San Francisco.

Los investigadores han recreado en el laboratorio el calor intenso (más de 370 °C) y la presión (más de 400 atmósferas) que existe en las profundidades del océano Atlántico en las proximidades de la falla submarina atlántica. En esta región, la presencia de magma en zonas cercanas a la superficie submarina provoca la aparición de respiraderos hidrotermales, que produce la expulsión de los fluidos súper calentados en el agua del mar. Bajo estas condiciones se favorece la formación de hidrocarburos (metano, etano y propano) producidos en la superficie de minerales ricos en hierro y cromo.

El proceso transcurre en dos etapas. En la primera, el hierro cataliza la formación de hidrógeno gaseoso a partir de agua. En una segunda etapa, este hidrógeno y dióxido de carbono (procedente de la desgasificación del magma) se combinan para producir metano y agua. Los investigadores de la universidad de Minnesota han descubierto que las rocas enriquecidas con cromo favorecen esta segunda etapa, además de la formación de hidrocarburos más complejos, como etano y propano. Estos, probablemente, sirven como alimento a diferentes tipos de bacterias descubiertas en estas regiones submarinas.

Ángel Maroto Valiente

Dpto. de Química Inorgánica
y Química Técnica

SEMBLANZAS DE LOS PREMIOS NOBEL

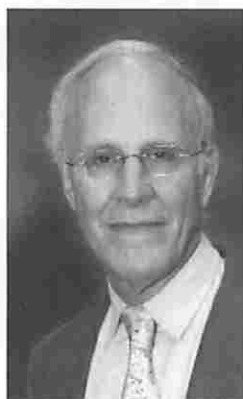
Premio Nobel de Física 2004

LA LIBERTAD ASINTÓTICA

Los galardonados con el Premio Nobel de Física 2004 han sido los estadounidenses **David Gross**, **Franck Wilczek** y **David Politzer** por "el descubrimiento de la libertad asintótica en la teoría de la interacción fuerte"¹.

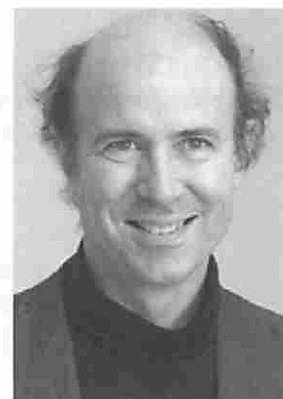
D. Gross es en la actualidad Catedrático de Física Teórica en el Instituto Kavli (Universidad de Santa Barbara, California). El Prof. Gross nació en Washington en 1941. En 1962 se graduó en la Universidad Hebrea de Jerusalén y posteriormente se doctoró en 1966 en la Universidad de Berkeley (California). Después de doctorarse ha ocupado diversos puestos en varias Univer-

sidades americanas, como Harvard y Princeton. También ha permanecido largas estancias en la Universidad Hebrea de Jerusalén y en el CERN.



D. Gross.

F. Wilczek nació en 1951, en el barrio de Queens de New York. Obtuvo el título de Doctor en Física Teórica por la Universidad de Princeton en 1974. F. Wilczek se había graduado anteriormente en Matemáticas, en la Universidad de Chi-



F. Wilczek.

¹ La Televisión Educativa de la UNED realizó un programa dedicado al Premio Nobel de Física de 2004, que fue emitido el pasado 19 de febrero por TV-2 (Referencia: 039/04-05). En este programa participaron Gerardo Delgado (Presidente de la RSEF), Antonio Ferrer (Catedrático de Física Atómica, Molecular y Nuclear de la Universidad de Valencia) y Amalia Willari (Profesora del Departamento de Física de los Materiales de la UNED y autora de esta semblanza).

cago. Después de doctorarse, fue profesor en la Universidad de Princeton hasta 1981, para pasar posteriormente a trabajar en la Universidad de Santa Barbara (California). Desde otoño del año 2000 es profesor en el MIT (Massachusetts Institute of Technology).

El tercer galardonado, **D. Politzer**, nació en 1949 en New York. Sus estudios secundarios los realizó en el Bronx High School of Sciences, siendo el sexto ex-alumno de esta institución que obtiene un Premio Nobel. Posteriormente se graduó en la Universidad de Michigan, para pasar más tarde a realizar su Tesis Doctoral en la Universidad de Harvard, bajo la dirección de Sydney Coleman. Con el doctorado en el bolsillo parte para el Cal Tech (Instituto de Tecnología de California), donde después de pasar por distintos puestos sigue trabajando aún como Profesor de Física Teórica. Como anécdota, comentar que en 1989 participó con un pequeño papel en la película "Fat Man and Little Boy" (nombre como se conocían las bombas de Hiroshima y Nagasaki), donde interpreta a un físico, Robert Serber, involucrado en el Proyecto Manhattan y colega de Oppenheimer, el protagonista de la película era Paul Newman.

La libertad asintótica y la teoría que surgió posteriormente, la cro-



D. Politzer.

modinámica cuántica, son la llave para entender la interacción nuclear fuerte. La academia sueca en el comunicado que informaba sobre la concesión del premio comentaba: "El descubrimiento al que se le otorga este año el Premio Nobel es de importancia decisiva para nuestro entendimiento de cómo funciona una de las fuerzas fundamentales de la naturaleza, la fuerza que mantiene unidas a las piezas más pequeñas de la materia, los quarks."

Desde los experimentos de dispersión de partículas alfa realizados por Rutherford en 1909 (ver 100cias@uned n.º 6, págs. 107-111), el estudio de los resultados de colisiones entre partículas subatómicas ha sido una de las herramientas más importantes para la comprensión de la composición de la materia y el comportamiento de las partículas elementales. La utilización de los aceleradores de partículas desde principios de los años cincuenta, permitió descubrir y estudiar un gran número de nuevas partículas. A principio de los años sesenta la cifra rozaba el centenar, lo que llevo a pensar que eran demasiadas para ser todas elementales y a deducir teóricamente que estaban compuestas por partículas más simples. Además el modo en el que los protones y neutrones dispersaban electrones ultraenergéticos sugería que los nucleones² tenían una compleja estructura interna constituida por entidades puntiformes (tres cargas puntuales).

En 1964 Zweig y paralelamente Gell-Mann postularon la existencia de unas partículas elementales a las que Gell-Mann denominó quarks, tomando prestado un término sin sentido que había utilizado el escritor irlandés James Joyce en su novela *Finnegan's Wake*.

Así que los neutrones y los protones tampoco son partículas elementales, están compuestos de quarks

(tres quarks cada uno). Con el modelo de quarks se podía sistematizar la gran diversidad de hadrones³ que habían sido descubiertos hasta esa fecha. A pesar de los éxitos indudables del modelo de quarks, pocos físicos lo tomaron en serio durante los primeros 9 años posteriores a su postulación, incluso Gell-Mann los consideraba ficticios aún en 1972, hasta que en 1973 se realizó el descubrimiento de la libertad asintótica.

Por lo que ahora sabemos que el Universo está compuesto de leptones⁴ (el electrón y el neutrino entre ellos) y quarks (que están ligados dentro de los hadrones, siendo los nucleones un tipo de hadrones). También son constituyentes de la materia las partículas mediadoras de las interacciones⁵.

La fuerza entre quarks es la interacción fuerte. Es una de las cuatro fuerzas que existen en la naturaleza (las otras tres son la gravitatoria, la electromagnética y la débil) hace que los quarks estén unidos dentro de los hadrones y permite la existencia de los núcleos.

Durante un tiempo se pensó que iba a ser imposible encontrar una teoría con la que los efectos de la interacción fuerte entre quarks pudiera ser descrita al igual que ya se había descrito la interacción electromagnética y la débil.

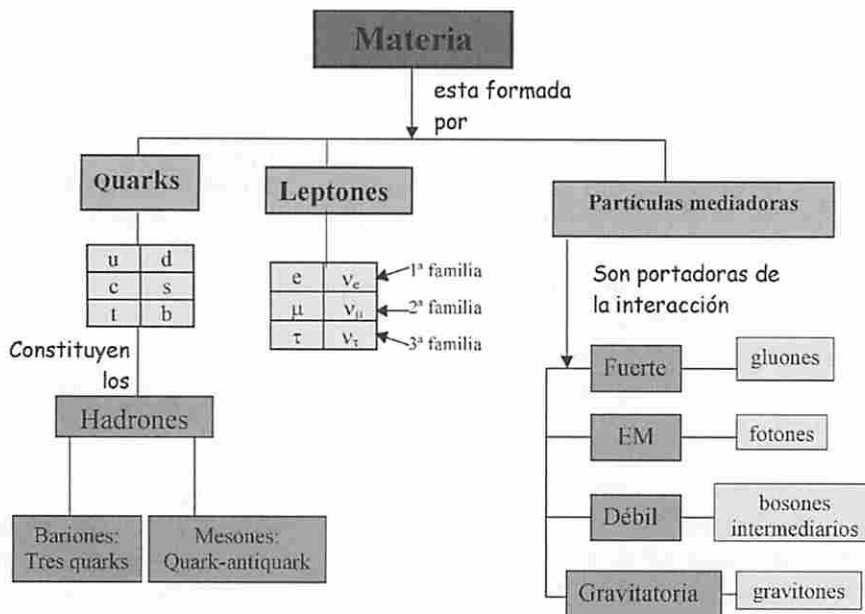
A comienzos de los años setenta había una serie de interrogantes sobre esta interacción y sobre el comportamiento de los quarks dentro de los nucleones, también planteaba muchas dudas el hecho de que no hubieran sido detectados quarks libres. Los resultados experimentales obtenidos en experimentos de colisiones de electrones ultranergéticos con protones, realizados en el SLAC (acelerador lineal de Stanford, USA) entre 1968 y 1969, mostraban que los quarks estaban menos ligados cuanto más cerca

² Se denomina nucleones indistintamente a los protones y/o neutrones.

³ Se denominan hadrones a las partículas que sienten la interacción fuerte, no son partículas elementales ya que están compuestas por quarks.

⁴ Leptón proviene del griego, *leptos*, y significa ligero. Son partículas elementales que no sienten la interacción fuerte.

⁵ Clásicamente una interacción entre dos partículas es debida a la acción del potencial, o campo, creado de una sobre la otra. Cuánticamente, la interacción entre dos partículas se manifiesta a través del intercambio (absorción y emisión) de partículas mediadoras. Al conjunto de las partículas elementales (leptones y quarks) hay que añadir las partículas mediadoras de cada una de las interacciones.



Esquema de las partículas elementales.

estaban unos de otros. Esto sólo sería posible si la intensidad de la interacción fuerte decreciese al disminuir la distancia, lo que parecía que contradecía la teoría. ¿Cómo era esto posible? ¿Cómo actúa esta interacción fuerte? La intensidad de las otras interacciones aumentaba al disminuir la distancia. Pero en el caso de la interacción fuerte se comprobó que no es así.

La intensidad de una interacción viene dada por la constante de estructura fina α , que es el parámetro que caracteriza el comportamiento de la interacción. α no es constante con la energía, su derivada es la función beta β . Si β es positiva, α aumentará con la energía (como pasa con la interacción electromagnética) y si β es negativa, α disminuye con la energía, lo que implica que la intensidad de la interacción disminuye a distancias pequeñas. Para poder explicar los resultados experimentales obtenidos con los aceleradores de partículas, la función β que se obtuviera de la teoría que pudiera explicar las interacciones fuertes debía ser negativa.

Cuando D. Gross era un joven profesor en la Universidad de Prin-

ceton, le propuso al entonces estudiante de doctorado F. Wilczek, hacer el cálculo teórico de la función beta basándose en teorías Yang-Mills⁶ (teorías gauge⁷ no-abelianas⁸) para demostrar que no podían servir para describir las interacciones entre los quarks que se habían observado en los experimentos de colisiones. Gross supervisó estos cálculos, que no sólo demostraron que las teorías sí servían, sino que además les llevaron al descubrimiento de la **libertad asintótica**. Paralelamente D. Politzer, cuando estaba realizando sus estudios de doctorado, se propuso obtener unos resultados teóricos que pudieran explicar los datos experimentales, obtenidos con los aceleradores de partículas. Realizó estos cálculos en paralelo a los que hicieron D. Gross y F. Wilczek, basándose en la misma teoría pero utilizando otro método de cálculo, y llegó también a la misma conclusión: la **libertad asintótica**. Sus resultados se publicaron a la par en Physical Review Letters en 1973.

¡Ya se había encontrado la teoría que explicaba el comportamiento de los quarks y describía la interacción fuerte! La **libertad asintótica** era la

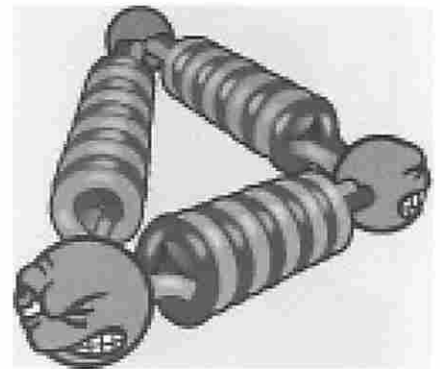
propiedad necesaria para explicar los datos experimentales.

Al ser β negativa, la interacción fuerte además aumenta al separarse los quarks, por eso están siempre confinados dentro de los hadrones, y no se pueden detectar aislados. Esto es lo que se denomina **esclavitud infrarroja**.

Los quarks interactúan muy fuertemente a energías bajas (cuando están más separados). Esto indica que están confinados dentro del protón (o neutrón) debido a la gran fuerza que les une y es muy difícil (imposible) separarlos. Pero a energías grandes (cuando la distancia que les separa es muy pequeña), la interacción decrece y se comportan como partículas cuasi libres, es por lo que a esta propiedad se le denominó **libertad asintótica**. Con ella se explicaban todas las inconsistencias que había en el modelo de quarks y además se podían realizar nuevos cálculos de gran cantidad de efectos observables.

Una imagen del comportamiento de los quarks sería la de bolitas unidas por muelles o por gomas elásticas, cuanto más intentan separarse más fuertemente están ligadas y si se acercan la fuerza entre ellas disminuye.

El descubrimiento de la propiedad que explica el comportamiento de los quarks dio lugar a la formulación de una teoría para las interac-



Representación del comportamiento de 3 quarks dentro de un nucleón.

⁶ Teoría desarrollada por Chen-Ning Yang (Premio Nobel en 1957) y Robert Mills.

⁷ Las teorías *gauge* son una clase de teorías sobre las partículas y fuerzas que actúan sobre ellas: por ejemplo la cromodinámica cuántica y la teoría de la interacción electrodébil. La palabra *gauge* (que significa medida, calibre, galga) fue introducida por Hermann Weyl, hace más de 50 años, para referirse a determinadas propiedades de la teoría electromagnética y hoy se usa principalmente por razones históricas.

⁸ No-abeliano – Álgebra no-conmutativa, el orden si tiene importancia, por ejemplo las rotaciones (momento angular).

ciones fuertes, que se llama Cromodinámica Cuántica (QCD). En esta teoría la partícula mediadora de la interacción fuerte es el gluón (del inglés glue, pegar), de forma análoga a cómo los electrones interactúan, que es intercambiando fotones. La teoría QCD complementa a las teorías sobre interacción electromagnética y débil. Las tres interacciones se incluyen en el Modelo Estándar de la Física de Partículas, la teoría que explica casi todas las interacciones del Universo, con la llamativa excepción de la interacción gravitatoria. La QCD era una teoría difícil de comprobar, la razón principal es que las partículas básicas del modelo: los quarks y los gluones no existen como partículas libres, por lo que no pueden ser aceleradas en un acelerador o detectadas en una colisión. Pero a pesar de esto, la verificación experimental ha sido impresionante, sobre todo en el acelerador LEP del CERN, Laboratorio Europeo de Física de Partículas.

La Academia sueca explicó su decisión en un comunicado: “El trabajo ha acercado a la Física un paso más al gran sueño de formular una teoría unificada que incluya la gravedad también, una teoría del todo”.

Wilczek, uno de los galardonados, dijo sobre su descubrimiento: “No tiene impacto sobre la vida cotidiana y nunca lo tendrá, pero si influye en nuestra comprensión de la manera en qué funciona la naturaleza. Esto refuerza la idea general de que la naturaleza se puede comprender de forma precisa”.

Amalia Williard Torres

Dpto. de Física de los Materiales

Premio Nobel de Fisiología y Medicina 2004

EL ESPERADO NOBEL DEL OLFATO

La capacidad de oler es una de las más asombrosas de la vida. Su

evolución como sentido químico ha cruzado el reino animal, desde la quimiotaxis de los eucariotas unicelulares al olfato de los vertebrados, alcanzando cotas de gran sofisticación en los mamíferos superiores, que lo han convertido en piedra angular de la interrelación con presas, parejas y depredadores, con todos los placeres y hostilidades que el entorno ofrece.

El Premio Nobel de Fisiología o Medicina 2004 se otorgó el mes de octubre de dicho año a dos científicos estadounidenses por sus descubrimientos sobre los receptores de odorantes y la organización del sistema olfativo. Sus aportaciones esenciales desentrañaron gran parte de los misterios de este sentido. Hacía ya meses que se apostaba por la inminente concesión del «Nobel del olfato», como lo hubo en su día para la visión y el oído.

Richard Axel, procedente de la medicina y **Linda Buck**, psicóloga y microbióloga, publicaron en 1991 un artículo clave, elegante y preciso, en la revista *Cell*, que arrojó luz definitiva sobre el mecanismo de la recepción y transmisión de la información olfativa. Hay unanimidad entre la clase investigadora sobre los indudables méritos de la investigación premiada, realizada con inteligencia y tesón a lo largo de varios años, durante los cuales ha merecido diversos reconocimientos internacionales. Axel, responsable del grupo, y Buck, posdoctoral en su equipo, contaron con la colabo-

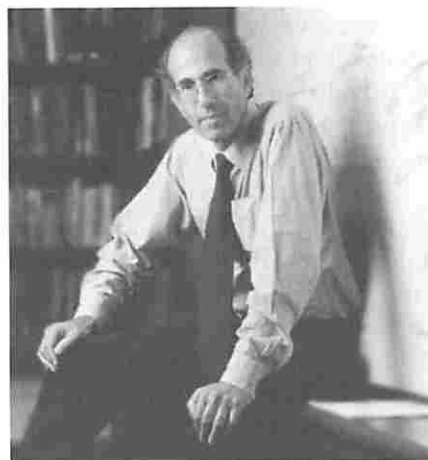


Linda B. Buck (1947).

ración de otros investigadores de su laboratorio en la Universidad de Columbia, aunque el trabajo minucioso y exhaustivo de reconocimiento de los genes que codifican los receptores olfativos, parte esencial del proyecto, llevaba la firma de Linda Buck.

Identificaron los receptores olfativos como proteínas ancladas en la membrana citoplasmática de las neuronas, con dominios estructurales que la atraviesan siete veces y que, ya en el interior de la neurona, se acoplan a unas ubicuas proteínas que transmiten la señal recibida. Con ello, Axel y Buck colmaron un vacío y abrieron nuevas perspectivas en un campo en el que, hasta entonces, se desconocían los mecanismos de la recepción de las moléculas odorantes. Gracias a sus descubrimientos, otros investigadores podían al fin explicar las sorprendentes propiedades sensoriales de las células olfativas.

Pero su trabajo tuvo un alcance más general, que abarcaba a la biología de forma global, y no sólo a las ciencias sensoriales. El aspecto de este descubrimiento que valió a sus autores la notoriedad del premio científico más valorado fue la constatación de que los receptores son excepcionalmente numerosos. Más de mil receptores de odorantes, un número inaudito si se comparaba con otros sistemas sensoriales —por ejemplo, tan sólo hay tres clases de receptores de color en la retina—. Esta particularidad hace de los receptores olfativos la mayor familia de proteínas conocida en los seres vivos. Y, para fabricar este millar de



Richard Axel (1946).