

NUESTRA PORTADA

Leonardo da Vinci, la pelota de fútbol y el C₆₀

RAMON BALIUS I JULI

Nuestra portada la ocupa el dibujo de un poliedro –figura geométrica con variable número de caras formadas por polígonos regulares– obra de **Leonardo da Vinci**.

Leonardo da Vinci (1450-1519) es uno de los personajes más importantes de la civilización occidental. Es la verdadera encarnación del Renacimiento. Para Sigmund Freud era como “un hombre que hubiese despertado demasiado pronto en la oscuridad, mientras los demás todavía dormían”. Su actividad fue proteiforme –artista, arquitecto, músico, sabio, geólogo, médico, diseñador, ingeniero e inventor–, consiguiendo en todas sus facetas algo difícil: la fusión de la ciencia y el arte.

Los manuscritos de Leonardo nos lo muestran como un hombre de una curiosidad sin límites, capaz de explicar tanto las técnicas pictóricas como las de la hidráulica, las de la anatomía comparada, de la escultura o de la mecánica. Muchos de sus

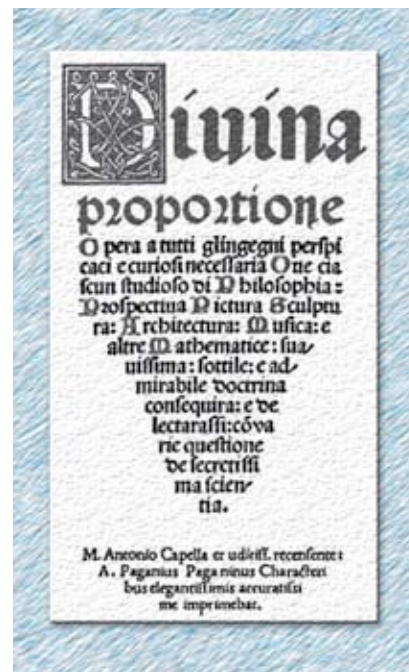
inventos necesitaron más de dos siglos para ser comprendidos. De haber existido en su tiempo una actividad deportiva bien definida y enraizada, estamos seguros que se habría interesado por ella y que el concepto Deporte figuraría en algunos de los títulos de sus publicaciones. Esta certeza me llevó, hace años, a comentar las analogías existentes entre algunos de sus inventos y determinadas herramientas y máquinas deportivas.

Un personaje clave fue el franciscano **Luca Pacioli** (1445-1514), apasionado por las matemáticas, que el año 1494 publicó el libro *Summa Arithmetica, Geometrica, Proportioni et Proportionalita*. Era la verdadera recopilación de los conocimientos que por entonces se poseían sobre estas materias, libro que entusiasmó a Leonardo da Vinci. Ambos se conocieron en la corte del duque de Florencia, y Pacioli consiguió que Leonardo ilustrase su obra *De Divine Proportioni* (1498) con sesenta diagramas de poliedros, algunos de los cuales se representaron gráficamente por primera vez.

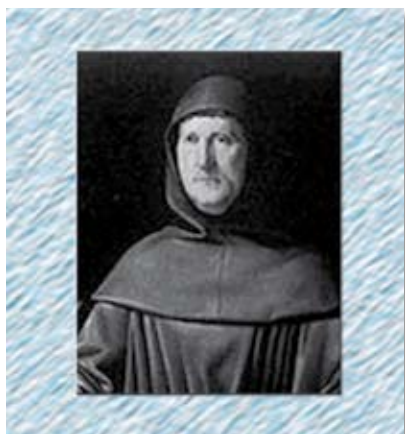
Los *poliedros regulares* o *cuerpos platónicos* son los más sencillos y están formados por un diferente número de un único polígono regular. Este grupo era ya conocido por el matemático griego **Euclides** (330 a.C.) y se les otorgaba un cierto misticismo. Eran: el *tetraedro*, formado por cuatro triángulos equiláteros, que representaba el Fuego; el *cubo*, formado por seis cuadrados, asociado a la Tierra; el *octaedro*, formado por ocho triángulos equiláteros, el cual, por sus posibilidades rotatorias sobre un vértice, será equiparado al Movimiento; el *dodecaedro*, formado por doce pentágonos, que correspondía al Universo porque sus doce caras



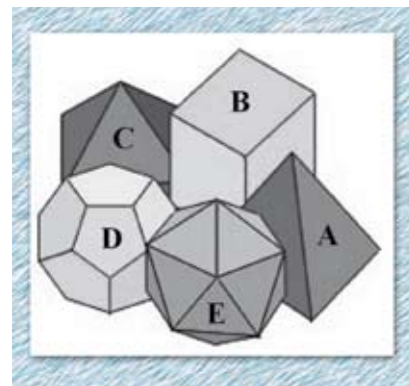
Leonardo da Vinci



De Divine Proportione.



Luca Pacioli.



Poliedros Regulares. a) tetraedro; b) cubo; c) octaedro; d) dodecaedro; e) icosaedro.

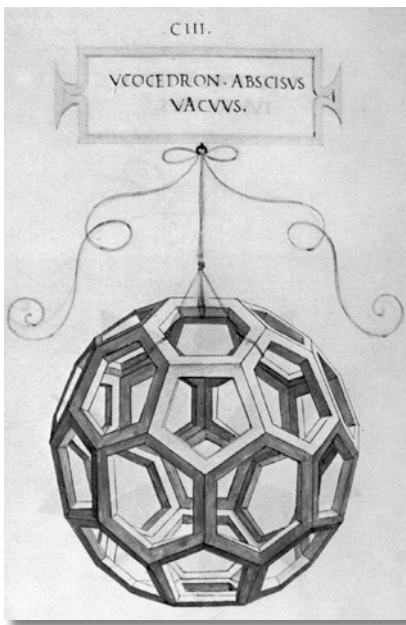


Pelotas de fútbol.

podían albergar los signos del Zodíaco, y el *icosaedro*, formado por veinte triángulos equiláteros, que representaba el Agua. De éstos, el icosaedro es el que más se aproxima a la forma esférica. Ahora bien, también podían construirse poliedros con más de un solo tipo de polígonos regulares, de los cuales pueden existir un número infinito y son conocidos como *sólidos arquimedianos*. Uno de éstos, el **icosaedro truncado**, es el que se encuentra representado en Nuestra Portada y es el resultado de tallar los vértices de un icosaedro regular. La figura resultante, integrada por doce pentágonos y veinte hexágonos, en total treinta y dos caras, se aproxima mucho a la forma esférica. Ésta es la forma de las **pelotas de fútbol** que actualmente se utilizan. Aunque están fabricadas con superficies planas, al

hincharlas adoptan una forma casi perfectamente esférica. Un icosaedro truncado llena el 86,74 % de la esfera de un diámetro equivalente y, al hincharlo, la superficie se curva y llena hasta un 95 %. Evidentemente, otras figuras geométricas, utilizando caras irregulares, como rombos, se acercarían más a la esfera, pero su complejidad tendría un coste prohibitivo al fabricarlo, a causa de la gran cantidad de costuras. Leonardo da Vinci, sin duda, conoció los partidos de "Calcio" que se jugaban en la Piazza de la Signoria de Florencia con el denominado "pallotone a vento", que, seguramente, tenía bien poco de esférico. Si alguien le hubiese propuesto buscar una solución para aquella deseada esfericidad sus conocimientos geométricos, probablemente, le habrían impulsado a proponer una forma poliédrica: el **icosaedro truncado**. **Ello le habría supuesto económicamente, hoy en día, gozar de una valiosa patente.**

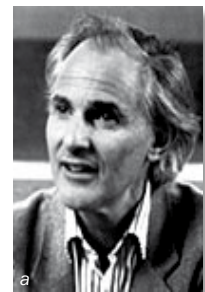
Lo que Leonardo no habría imaginado nunca es que su icosaedro truncado estuviese relacionado con una forma alotrópica de un elemento químico. La química es una de las ciencias más desarrolladas y, dentro de ella, el *carbono* es el elemento más estudiado. Se encuentra en todos los seres vivos, es relativamente abundante en nuestro planeta y, hasta 1985, se conocían únicamente dos formas alotrópicas: el **diamante** y el **grafito**. El diamante puro es la sustancia más dura conocida, de estructura cristalina, incolora y transparente, formada solamente por átomos de carbono tetraédricos interconectados. El grafito es una sustancia lustrosa, negra, que fácilmente se deshace o descama, de sensación deslizante, que se compone de átomos de carbono trigonométricos, unidos como un modelo de panal. Como todos los elementos que conforman



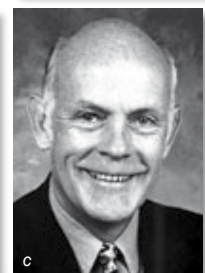
Icosaedro Truncado (Leonardo da Vinci).

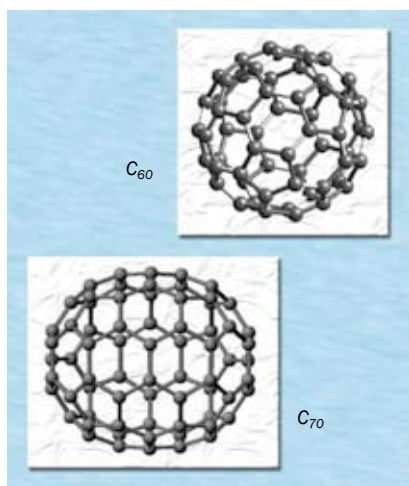
la materia del Universo, se originó en las estrellas, por medio de reacciones de fusión nuclear.

Siguiendo un ameno artículo de la química mexicana María Rosa Catalá, narraremos que, hace más de quince años, **Harold Kroto** (1939), un prestigioso investigador de la Universidad de Sussex, en Inglaterra, trabajaba en el campo de la espectroscopia como herramienta para el análisis físico y químico de algunas sustancias. Ayudaba a un grupo de astrónomos a determinar la composición de los compuestos de carbono que se habían detectado en estrellas de regiones lejanas del Universo. Kroto, químico de formación, pensaba que podía preparar compuestos de carbono similares a los existentes en el interior de las estrellas llamadas *gigantes rojas*. Preparar estas sustancias no era una tarea fácil porque no se podía conseguir por los métodos tradicionales de laboratorio. En 1989, Kroto visitó la Universidad de Rice, en Texas, donde **Robert Curl** (1933) y **Richard Smalley** (1943) habían construido un dispositivo que permitía producir "cúmulos nucleares" (agregados de átomos que forman grandes moléculas). Kroto pretendía preparar cúmulos nucleares de carbono y necesitaba el aparato de los estadounidenses. Smalley consideraba que la idea era "bastante atípica", pues ya hemos comentado que el carbono se conocía mejor que cualquier



a) Harold Kroto.
b) Robert Curl.
c) Richard Smalley.





otro elemento. Fue en 1985 cuando Kroto pudo trabajar con el deseado aparato y, gracias a él, en pocos días se produjo uno de los más emocionantes acontecimientos de la química moderna: conseguir cúmulos de carbono. Éstos, en el espectrógrafo de masas, provocaron dos señales: una grande, correspondiente a un compuesto de 60 carbonos, de fórmula C_{60} y otra menor, de 70 carbonos, de fórmula C_{70} .

Kroto intuyó que la estructura de ambos compuestos tenía de ser cerrada y propuso para el C_{60} una forma geodésica, similar a la que el famoso arquitecto **Buckminster Fuller** (1895-1983) había aplicado a la cúpula presentada en la Expo de Montreal de 1967. En honor a éste, dio a la nueva familia de derivados del carbono el nombre de *fullerenos* y al C_{60} , concretamente, *Buckminsterfullereno*.

En el siglo XVIII, el matemático **Euler** (1707-1783) había establecido una regla: que las estructuras geométricas cerradas debían contener exactamente doce pentágonos y tantos hexágonos como fuesen necesarios para obtener el formato de la figura deseada. Smalley elaboró el modelo en papel y resultó casi esférico. Alguien su-

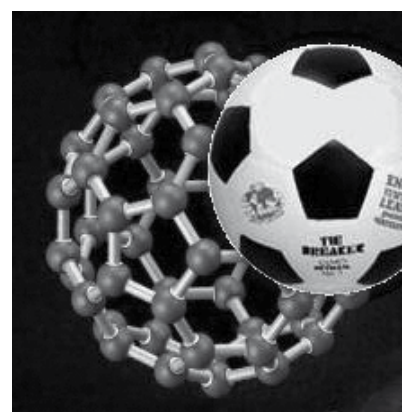
girió que era similar a una pelota de fútbol, e incluso se habló de *futboleno*, aunque Kroto, Smalley y Curl nunca habían jugado, ni eran aficionados a este deporte. La estructura del C_{60} coincidía con el **icosaedro truncado**, y si bien bibliográficamente se habla mucho del fútbol, nadie cita a Leonardo da Vinci.

La cantidad de C_{60} producido hasta entonces era pequeña y no permitía la mayoría de experimentos. Solucionaron el problema **Donald Fuman**, de la Universidad de Arizona, y **Wolfgang Kraetschmer**, de la Universidad de Heidelberg, de Alemania, que descubrieron en 1990 un método simple para fabricar cantidades apreciables del fullereno C_{60} . A través de una técnica en la que intervenía el helio a baja presión y alta temperatura, se producía un hollín que contenía una mezcla de fullerenos que se denominó *fullerita*. En esta mezcla se encontró una estructura en forma de jaula, el C_{70} , que –siguiendo con los símiles deportivos– se comparó a una pelota de fútbol americano. Bien pronto la producción de C_{60} se hizo comercial, a pesar de que los primeros años un gramo se cotizaba a 1.250 dólares –doce veces más caro que un gramo de oro. La investigación continúa y se han conseguido formaciones tubulares de carbono, llamadas *nanotubos*, que escapan a la finalidad de este artículo.

Los *fullerenos* parecen tener una particular relación con el fenómeno de la superconductividad. Se han probado como sustrato ideal para realizar películas extremadamente finas de diamante que se utilizan para la protección y el deslizamiento de herramientas, hojas de afeitar, instrumentos quirúrgicos y muchos otros productos; también se ha visto que el C_{60} es capaz de inhibir una enzima crucial en la reproducción del virus de la inmunodeficiencia humana, causante del SIDA.



Cúpula geodésica (Montreal, 1967).



El balón de fútbol y el C_{60} unidos por el icosaedro truncado de Leonardo.

El 10 de diciembre de 1996, Kroto, Smalley y Curl, recibieron el Premio Nobel de Química por estos extraordinarios descubrimientos. Con motivo de la entrega del Premio, Harold Kroto dictó una conferencia sobre los *fullerenos* titulada “*La esfera que cayó del cielo*”.

Con todo esto, Leonardo da Vinci, que tanto inventó durante toda su vida, después de cinco siglos tenía derecho a ganar el Premio Nobel, a “título póstumo”, por su icosaedro truncado.