

Vivimos envueltos por lo más grande y lo más pequeño. En lo enorme y en lo ínfimo. Además, formamos por entero parte de ese todo. Conocemos muchos datos sobre tamaños y dimensiones de multitud de cuerpos y fenómenos de diversos tamaños, grandes y pequeños. Pero, ante algunos datos no logramos formarnos una idea clara de su tamaño si sólo nos quedamos con el frío dato de su dimensión.

ALGUNAS IDEAS DE SUS TAMAÑOS

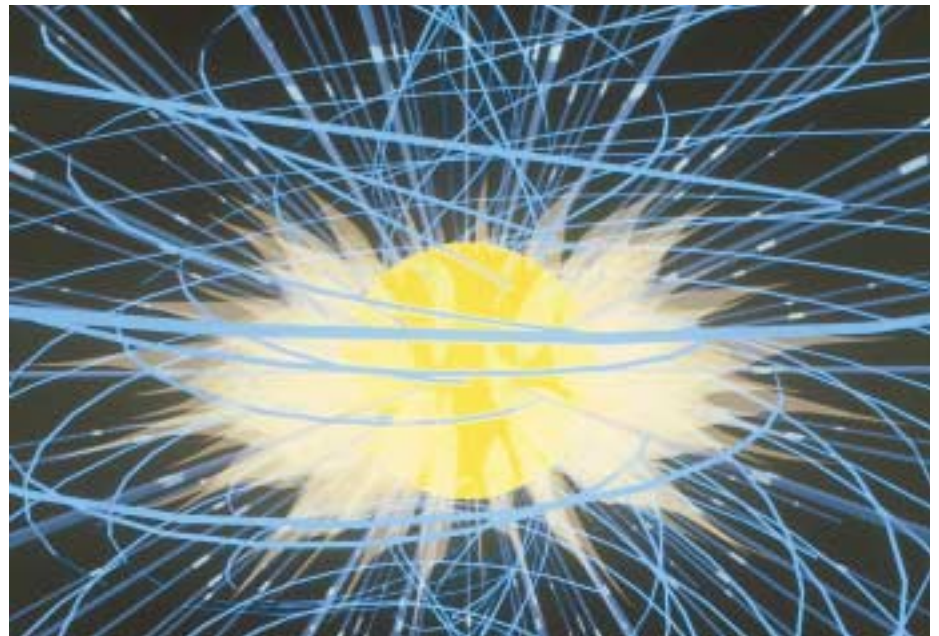
Lo más grande y lo más pequeño

José Luis Ausín,
Ingeniero Técnico de Telecomunicación

Tenemos consciencia de que existen cosas muy grandes y tan distantes que aunque no las veamos sabemos que están allí. O de cosas tan pequeñas, que a pesar de estar pegadas a nosotros no las vemos. Pese a ello, en muchas ocasiones para apreciar su tamaño necesitamos comparar sus dimensiones con algo conocido o intuitivo. Por ejemplo, cuando hablamos de superficies: tal terreno tiene tantas hectáreas. A veces se dice que equivale a tantos campos de fútbol, facilitando así la comprensión de su tamaño, pues percibimos la superficie de uno de esos campos aun sin conocerla exactamente.

Hace tiempo que abandoné la intención de entender el concepto de «infinito», aunque sólo fuera para andar por casa. Me he conformado con aquello de que: *en el infinito cualquier punto está en el centro*. Pero esa renuncia la he sustituido por el intento de entender algo sobre el concepto *nada*. Y aquí, con *la nada*, me siento más perdido que con el *infinito*.

Siempre nos dijeron que el Universo era infinito. Después, un día, salieron varios astrónomos diciendo que era finito. Y los que no estaban de acuerdo dijeron: «¡Si el Universo es finito, dígnanos que

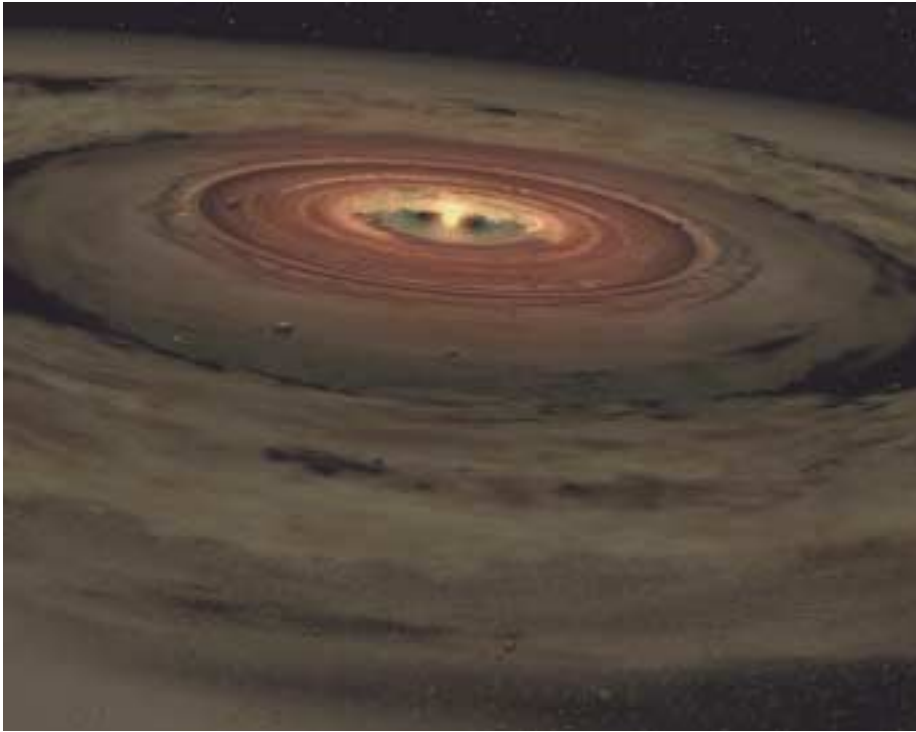


hay después de la tapia!». La respuesta fue: «¡No hay tapia, no hay nada!». O sea, la nada. Nada no es el vacío. ¡Es nada!

Pues eso. Sigo sin entender lo que es *infinito*, pero estoy todavía más lejos de vislumbrar lo que es *nada*. Algunos científicos, como Jean Guitton en su libro *Dios y la Ciencia*, se preguntan «¿Por qué hay algo en lugar de nada?». Lo anterior me ha llevado a encontrar materias ya más comprensibles: unas que sin ser

infinitas, son inmensas por sus tamaños o dimensiones, y otras que son algo a pesar de su pequeño o insignificante tamaño.

Existen muchos datos comparativos pero suelen hallarse dispersos. Me he permitido recopilar algunos de ellos y sacar otros, que relaciono con el deseo de dar una idea general que incluya la mayoría de los ejemplos conocidos sobre cómo interpretarlos y que nos ayudan a entender la pequeñez y la grandeza del hombre.



EL CAMPO DE LOS MÁS GRANDES. LAS ESTRELLAS

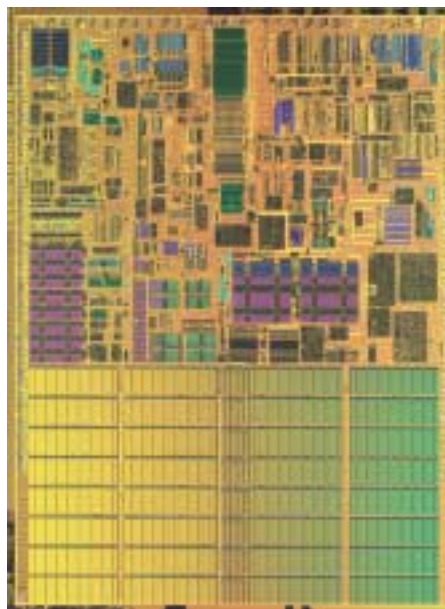
Para apreciar lo más grande y lo más pequeño nos pueden bastar las insignificantes dimensiones de la Tierra. Un diminuto grano de arena, se dice, perdido en el inabarcable cosmos. Comparación que sugiere una obligada pregunta: ¿Entonces, cuál es la dimensión del ser humano?

Ya los griegos clásicos se preguntaban por lo grande y lo pequeño. Así tenemos que para Anaxágoras (h. 500-428 a.d.C.) cada elemento se compone de infinidad de partículas y que éstas son a su vez extremadamente pequeñas; idea que mejoraría Demócrito, y que ampliaremos al opinar de lo más pequeño. Arquímedes (h. 287-212 a.d.Cristo) en su obra *El Arenario* explica que hay quienes creen, que los granos de arena son infinito y que para otros, sin ser infinito, aún no se ha encontrado un número lo suficientemente grande que pueda designarlos. Arquímedes desarrolla la sucesiva elevación de potencias de diez para mostrar números que superan no solo la masa de arena equivalente a Tierra sino el de una masa igual a la magnitud del Universo. Parece ser, que desde los griegos o quizás antes, algunas ideas no son tan nuevas.

En los libros de Astronomía encontramos las dimensiones de algunas estrellas

y analizando lo leído nos encontramos con verdaderas sorpresas. Por ejemplo, podemos leer que la estrella Betelgeuse de la constelación Orión situada a unos 300 años luz tiene un diámetro unas 500 veces mayor que el de nuestro Sol y es una de las más grandes que se pueden observar.

Para comprender algo mejor su tamaño no debemos quedarnos sólo con esos datos. Si es 500 veces mayor que el Sol y éste tiene poco más de un millón de km. de diámetro, quiere decir que Betelgeuse tiene un diámetro de unos 500 millones de km. de diámetro. Comparando este dato apreciaremos mejor su tamaño. Betelgeu-



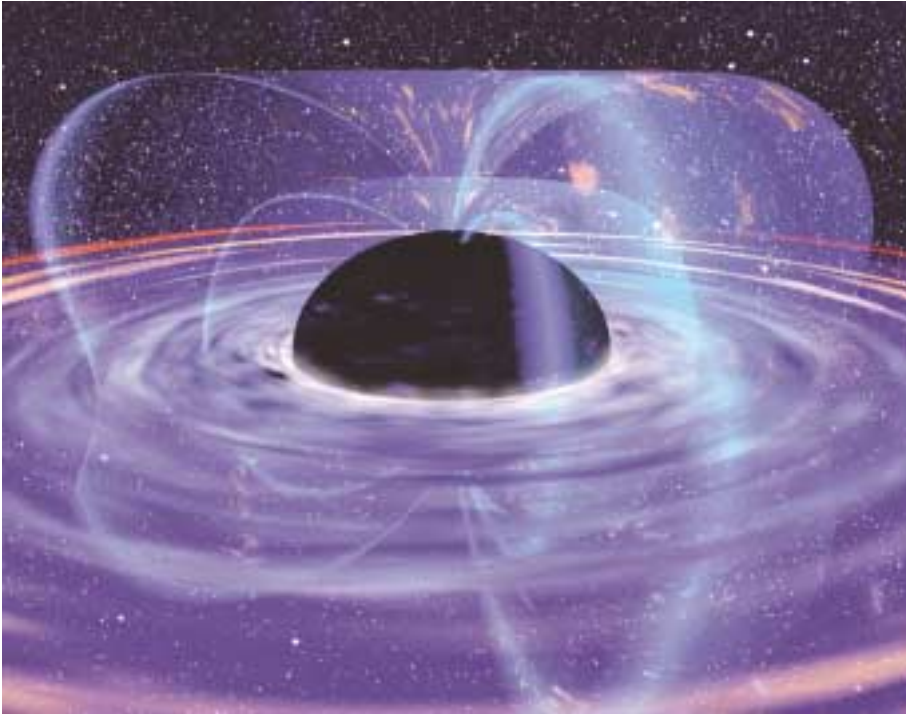
se es tan grande que si pudiéramos situarla en el centro de nuestro Sol, sus bordes llegarían casi hasta donde está el planeta Marte, absorbiendo Mercurio, Venus y la Tierra. O tal vez, sea más comprensivo decir que en el interior de Betelgeuse cabrían 125 millones de estrellas del tamaño de nuestro Sol. Añadiendo estas comparaciones, intuiremos su tamaño mejor que si sólo mencionamos que su diámetro es 500 veces mayor que el de nuestro Sol. Otras muchas estrellas son mayores que el Sol, con tamaños inferiores y cercanos a Betelgeuse.

CANTIDADES, DISTANCIAS, PESOS Y SUPERFICIES

Cuando hablamos de cantidades y de su importancia solemos recurrir a la anécdota del ajedrez. Esta anécdota es muy conocida, pero, creo que conviene reseñarla. Se cuenta que en el siglo VI después de Cristo un rey persa, otros dicen que chino, quiso recompensar al maestro que le enseñó a jugar al ajedrez ofreciéndole un deseo. El maestro de ajedrez le dijo al rey que se conformaba con un grano de arroz en la primera casilla, dos en la segunda, cuatro en la tercera, ocho en la cuarta y así hasta las sesenta y cuatro casillas del juego. El rey aceptó sin pensarlo, pues le pareció un regalo posible, además de barato. Pero lo cierto es que la progresión geométrica nos da casi 18 trillones y medio de granos de arroz.

Cabe recordar que unos 45 granos de arroz pesan alrededor de un gramo. Lo cual, quiere decir que el rey tenía que dar al maestro de ajedrez la cantidad de unos 400.000 millones de toneladas de arroz. Dado que la producción mundial de arroz es actualmente de unos 600 millones de toneladas, el monarca comprometió todo el arroz que su reino produciría en unos cuantos milenios. En valores actuales, el pago del premio hubiera supuesto unos 700 años de la producción mundial de arroz.

Antes hemos mencionado años luz. Sabemos que la estrella más cercana a nosotros, después del Sol, es la estrella alfa de la constelación Centauro que está a 4,3 años luz. Por lo tanto su luz tarda 4,3 años en llegar a nosotros y tiene que recorrer algo más de 40,5 billones de Km.



Cuando hablamos de un billón, sabemos que se trata de un millón de millones. Pero, en mi opinión, no se alcanza a apreciar bien su magnitud. Comparemos: un millón de segundos son 11 días y medio; un billón de segundos son más de 31.000 años. Lo cual, ya da una idea de lo que supone un billón. Pero podemos hacer más comparaciones. Por ejemplo, pensando que, desde que el hombre prehistórico pintó las pinturas de la Cueva de Altamira todavía no han pasado un billón de segundos, casi ni la mitad, ya que a esas pinturas se le atribuyen 12-15.000 años de antigüedad. Pueden hallarse otros ejemplos sobre la percepción de las diferencias entre el millón y el billón, pero éste puede valer.

Vayamos ahora con el Sol. Es una estrella de lo más corriente en brillo y tamaño, situada casi 30.000 años luz del centro de su galaxia, la Vía Láctea. Ésta tiene forma de espiral y 100.000 años luz de diámetro. De la energía que irradia el Sol, la Tierra sólo recibe unas dos milésimas del total. La energía que recibe la Tierra en tan sólo quince minutos es tanta como la que consume la humanidad durante un año.

Para difundir su energía el Sol debe consumir cada segundo, 4,2 millones de toneladas de su masa. Es la energía resultante de la fusión de convertir 657 millones de toneladas de hidrógeno en 653 millones de toneladas de helio por segundo. Es como explotar, cada segun-

do, unos cuantos cientos de millones de bombas de hidrógeno, también llamadas bombas H.

Esa cantidad de toneladas es enorme y parece que el Sol tenía que haberse agotado. Pero, conociendo la masa del Sol ($2,2 \times 10^{27}$ toneladas) y suponiendo que ese consumo de masa lo hace desde su nacimiento, que se estima en unos seis mil millones de años, sólo ha consumido desde entonces $1/40.000$ de su masa. Así pues, el Sol a ese ritmo de consumo de masa, puede seguir emitiendo aún la energía actual, durante unos cuantos miles de millones de años más. En ese aspecto tendrán Sol para rato. Más adelante desglosaremos, al mencionar los océanos, lo que para éstos representa la energía que diariamente recibe la Tierra del Sol, que igualmente es enorme.

El Sol tiene un movimiento de rotación (luego mencionaremos el de traslación) de 25,5 días terrestres, y que quizás pueda a primera vista parecernos muy lento, sobre todo si lo comparemos con las 24 horas del giro de la Tierra. Pero si lo analizamos con detalle veremos que un punto de su ecuador tiene una velocidad de unos 7.000 km./hora, mientras que la Tierra en su ecuador tiene una velocidad 1.700 km./hora. Aunque quizás puede ser más gráfico decir que si la Tierra girase a la velocidad del Sol nuestro día duraría unas seis horas actuales.

En cuanto al tamaño del Sol, sabemos que es muy grande comparado con la

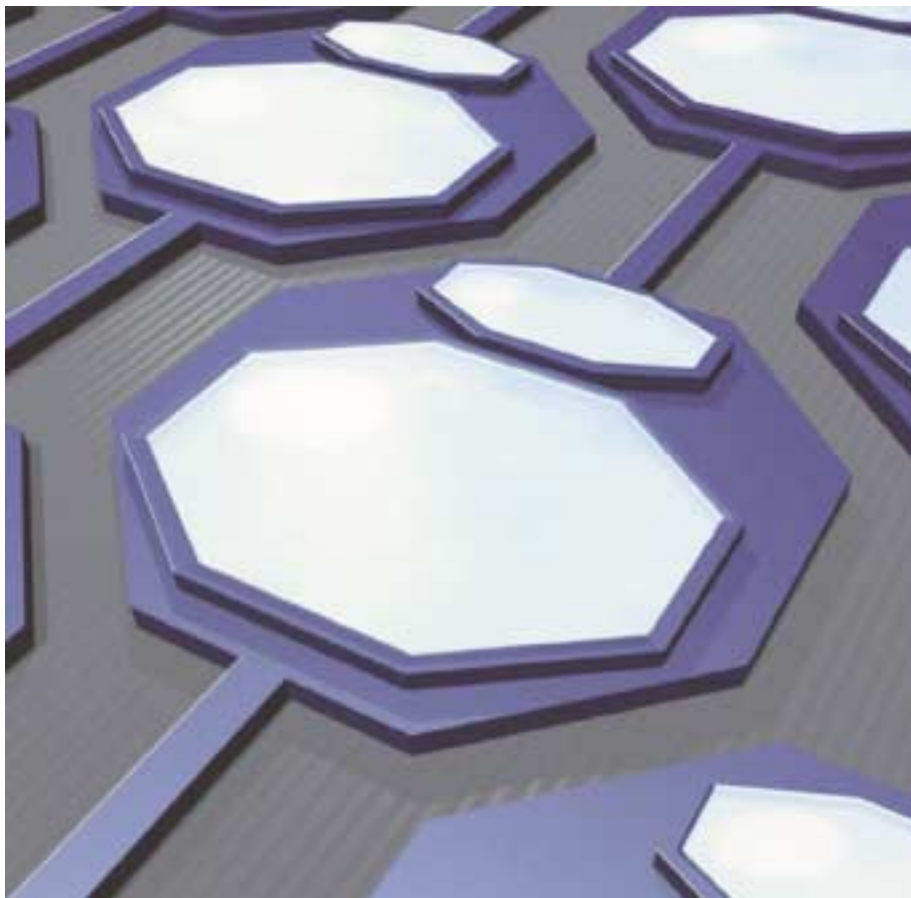
Tierra. Pero nos dará mejor idea de su tamaño si imaginamos que la distancia que existe entre la Tierra y la Luna cabría holgadamente en el interior del Sol. Hay otras comparaciones del tamaño del Sol y la Tierra. Si la Tierra se redujera al tamaño de una naranja, unos 80 mm de diámetro, el Sol sería una esfera de poco más de 5 m. de diámetro, casi la altura de dos pisos. En nuestro sistema solar nos sorprenden las enormes dimensiones de los planetas Júpiter y Saturno. Comparándolas con nuestro mundo, vemos que éste cabría en el interior de Júpiter 1.400 y 700 veces en Saturno.

Otra dimensión que podemos comparar es la de superficies. Llama la atención la extensión del océano Pacífico; madre de todos los océanos; el mayor accidente geográfico de la Tierra. Conocemos bien que los mares ocupan las dos terceras partes de la superficie terrestre y que de ellos, el Pacífico es el mayor de todos. Tiene una superficie de unos 179 millones de km². Desde luego es muy grande, pero comprenderemos mejor su tamaño si nos dicen que su superficie es mayor que la de la tierra continental, sí, de la tierra emergida de los mares, aún sumando la Antártida y Groenlandia, en total, unos 160 millones de km².

Se puede decir algo más de la grandiosidad de los mares; por ejemplo, en su seno se originó la vida y es donde viven la mayoría de los seres vivos de la Tierra. También que la cantidad de agua de los mares es del orden de 1.300 millones de kilómetros cúbicos y que si se repartiera entre todos los habitantes de la Tierra (6.000 millones de habitantes), a cada uno le corresponderían unos 200 millones de toneladas de agua.

Pero hay otros datos comparativos que a buen seguro sorprenderán a algunos. Por ejemplo, los océanos, con una profundidad media de unos 3.500 m, representan una masa insignificante con relación a la de la Tierra. Si redujésemos la Tierra al tamaño de una naranja, los océanos serían una imperceptible película que ni con mucho llegaría al espesor de su piel, que es de unos 4 mm.

Sin salir de los mares llama la atención la enorme energía que reciben del Sol. Cada día los océanos absorben tanta energía solar como para satisfacer tres veces la demanda mundial de petróleo.



La producción mundial anual es cerca de 3.500 millones de toneladas, unos 26.000 millones de barriles. Esta energía que los mares reciben del Sol hace que cada día se evaporen casi un billón de toneladas de agua.

Siguiendo en la Tierra diremos que ésta se desplaza alrededor del Sol a una velocidad de unos 107.000 km/hora. Todo eso está muy bien, pero, parece que comprendemos mejor esa velocidad si decimos que hoy estamos alejados, en el espacio, unos 2,5 millones de km. de donde estuvimos ayer. O que a esa velocidad llegaríamos a la Luna en sólo unas tres horas; las astronaves Apolo tardaron algo más de treinta horas. A la velocidad anterior, de traslación, debemos incluir la de rotación de la Tierra, que en el ecuador es de 1.700 km./hora y para nuestra latitud, sobre los 40 grados, es de casi 1.100 km./hora. Como vemos, tenemos la percepción de estar quietos en un lugar, y sin embargo nos estamos moviendo a velocidades enormes.

Dejamos la Astronomía citando las estrellas de neutrones, pequeñas y de enorme masa y los supuestos Agujeros Negros, insignificantes en volúmenes según sus descomunales masas, las cuales

crean un campo gravitatorio tan desmesurado que impide *escapar* a las ondas electromagnéticas. Asimismo los millones de soles que componen la infinidad de galaxias y la posible pluralidad de planetas en la profundidad es *casi infinita*. Y por qué no, la factible existencia de vida. Sólo hay que pensar en las formas de vida que hubo antes de las que hoy existen en la Tierra, y veremos que hubo otros seres bien distintos a los actuales.

En cuanto a grandes realizaciones humanas, se podrían citar buen número de ellas. Por ejemplo, las pirámides egipcias y americanas, la Gran Muralla China, algunas catedrales, el monasterio del Escorial, etc. Y de todas, por elegir una de las grandes creaciones técnicas del hombre, citaremos una obra de ingeniería singular: el Transiberiano. Esta línea de ferrocarril es la más grande del mundo, con 9.334 km. entre Moscú y Vladivostok (en el mar de Japón). Recorre poco menos de la cuarta parte del perímetro de la Tierra en el ecuador. Pero parece de mayor longitud si decimos que cubre más distancia que la existente entre Madrid y Nueva York, cerca de 6.000 km.

Y ya para terminar con lo más grande, y aunque se salga de los aspectos in-

dicados hasta ahora y no demos datos, parece obligado indicar las enormes diferencias, que podemos equiparar a *años luz de distancia*, entre las rentas personales de subsistencia de las distintas capas de la sociedad, dentro del mismo país, o las que existen entre distintos países. La insignificancia del coste de una simple aspirina y de que amplios colectivos humanos carezcan de sus beneficios; o peor aún, la carencia de baratísimos tratamientos médicos, sanitarios y sociales, que les llevan a la muerte. O las enormes diferencias entre el consumo de energía per capita entre distintas sociedades humanas. Y un amplio etcétera.

EL CAMPO DE LO MÁS PEQUEÑO LAS DIMENSIONES ATÓMICAS Y DE SUS PARTÍCULAS PRINCIPALES

Dimensiones comparativas del átomo

Como sucede con lo más grande, también nos puede maravillar lo más diminuto. Lo más pequeño de lo que tenemos noticia son las moléculas, los átomos y sus partículas: electrones y protones, principalmente. Como vamos a ver, sus dimensiones comparadas entre sí, nos llevan a la paradoja de que *todo está vacío*. Más de lo que, posiblemente, podemos imaginar.

Dejamos la pequeñez de algunas constantes de la naturaleza, dadas por la Mecánica Cuántica y cuyas magnitudes son las más pequeñas e indivisibles que se conocen; tales como la mínima cantidad de energía que existe o constante de Planck, o de las que de ella se derivan y que han originado nuevos e invariables patrones de resistencia, tensión y frecuencia eléctricas.

El primer intento humano de encontrar un origen común a la diversidad de la materia se le atribuye a Tales de Mileto (h. 625-h. 546 a. d. C.). Para este sabio griego todas las sustancias proceden del agua y acabarían convirtiéndose en agua; no acertó, aunque sí en cuanto al origen

de la vida. Pero la idea de que nuestro sólido mundo no es tan sólido como parece, es así mismo muy antigua. Posiblemente sea la teoría atómica la hipótesis científica más antigua todavía aceptable hoy. Ya en el siglo V antes de Cristo, los filósofos griegos Leucipo y Demócrito habían tenido la idea de que el universo consistía en una aglomeración de innumerables bolas infinitesimales que llamaron *atomoi* y que se movían en el vacío; ideas que propagaron más tarde el griego Epicuro (341-270 a. d. C.) y el romano Tito Lucrecio Caro (99-55 a. d. C.). Los griegos no pudieron comprobar experimentalmente esta idea. Fue posteriormente abandonada hasta tiempos recientes, por la concepción aristoteliana de la naturaleza y duró hasta que en 1803 John Dalton reabrió la teoría de la divisibilidad de la materia.

Las pruebas científicas modernas han demostrado que la antigua teoría griega estaba bien intuitiva. También aportaron que dentro del átomo había todavía *algo* más pequeño. Para Ernest Rutherford (1871-1937) los electrones estaban engarzados en el núcleo del átomo como las pasas en la masa de un pastel. Idea que tuvo que abandonar (1911) por el experimento siguiente: A una delgada lámina de oro se proyectan partículas alfa (grandes y relativamente lentas, de carga positiva). La mayoría de las partículas pasan a través de la lámina, pero ante el asombro de todos algunas rebotaron hacia atrás. Rutherford manifestó su sorpresa, era algo increíble, «tal como si un proyectil de artillería rebotase en una hoja de papel».

De los resultados de este experimento, Rutherford, dedujo dos cosas: que el átomo debe ser una estructura casi vacía, puesto que tantas partículas alfa pasaban a su través; y asimismo entendió que debe tener como centro un núcleo macizo de carga positiva, pues sólo un cuerpo con esa misma carga podía repeler con tanta eficacia unas partículas alfa cargadas, también, positivamente. Rutherford dedujo que, si el núcleo era positivo, los electrones no podían estar incrustados en él; deben estar lo suficientemente lejos para que su carga negativa no anule la carga positiva del núcleo. Era evidente que había que abandonar la imagen de las «pasas de pastel».

Hoy gracias a los trabajos de Rutherford y sus sucesores sabemos que, si bien



la mayor parte de la masa está concentrada en el núcleo de un átomo, el volumen del núcleo es pequeño en relación con el volumen total de átomo que comprende los electrones.

La medida de las desviaciones de las partículas alfa provocaban una luminiscencia en una pantalla de sulfuro de cinc, y el tiempo de desintegración ha permitido la estimación de sus dimensiones y las del núcleo. Y aunque algunos impactos puedan estar formados por varias partículas muy juntas se ha estimado que la huella menor, estadísticamente en una muestra grande, sea la producida por una sola partícula. Los científicos aconsejan tomar los datos empíricos, como resultados a tener en cuenta con un margen de error a los valores de las formulaciones teóricas. De estas interpretaciones podemos conocer y comparar los valores de las dimensiones de estas partículas.

Resumimos en la tabla siguiente los valores de las dimensiones geométricas del átomo y sus elementos principales. Estos valores han sido tomados de diversas publicaciones y aunque sus valores no coinciden totalmente, para nuestro ca-

so carece de importancia en los ejemplos comparativos que relacionaremos más adelante. No compararemos la masa y carga eléctrica por ser más conocidas y no hacer extenso este artículo.

VALORES TÍPICOS PARA UN ÁTOMO DE HIDRÓGENO

ÁTOMO.

Diámetro del átomo = 2×10^{-7} mm.

NÚCLEO.

Diámetro del núcleo = 10^{-12} mm.

PROTÓN.

Diámetro de un protón = $1,5 \times 10^{-12}$ mm.

ELECTRÓN.

Diámetro de un electrón = $2,81 \times 10^{-12}$ mm.

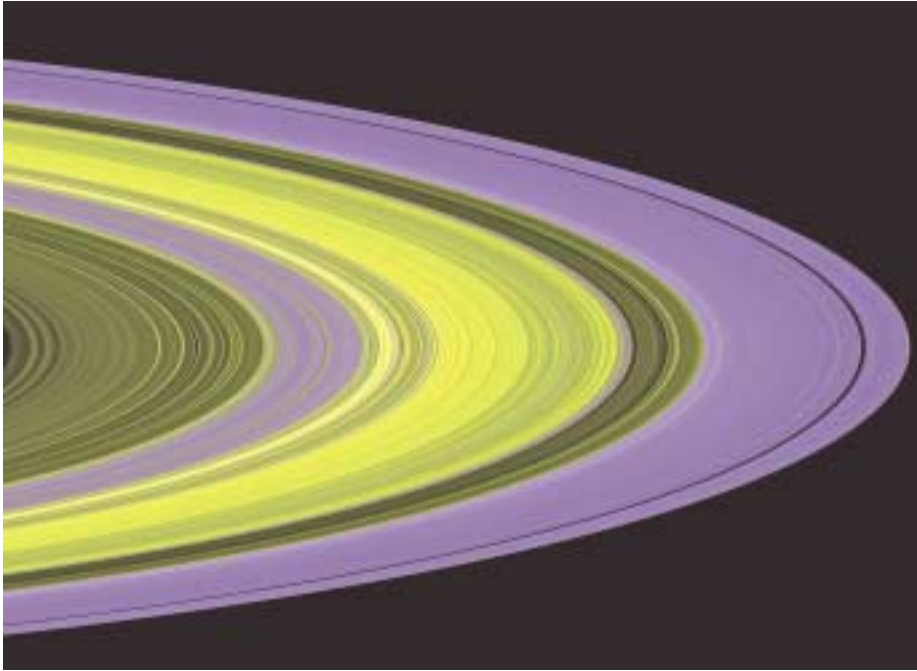
Viendo esta tabla, las distintas partes del átomo las podemos precisar mencionando las dos diezmillonésimas de milímetro del diámetro del átomo y su relación con las medidas del núcleo, o con el electrón o protón. Pero creo que será mejor dejar la tabla ahí, para facilitar si desea, alguna comprobación de los ejemplos comparativos de la pequeñez del átomo que seguidamente damos, o por si alguien tuviera curiosidad en hallar otros nuevos.

Para conseguir el espesor de una hoja de papel de escribir, 0,1 mm., se necesitarían un millón de átomos de hidrógeno. O más gráfico; en el punto final de un párrafo de escritura de tamaño normal, suele tener 0,5 mm. de diámetro, pueden caber del orden de 6 billones de átomos.

Si se hinchase una bola de un sólido de un centímetro de diámetro hasta el tamaño de la Tierra, un átomo del sólido tendría veintiséis centímetros de diámetro y el núcleo del átomo tendría solamente trece cienmilésimas de centímetro.

Más adelante damos más ejemplos comparativos en los que se tiene en cuenta, conjuntamente, las dimensiones del átomo, núcleo y electrón.

Otra comparación de dimensiones es con la molécula. Una molécula corriente es tan pequeña, que para describir su diámetro en centímetros sería necesario alejarse siete ceros de la coma decimal; se necesitarían cien millones de moléculas de hidrógeno en fila para ocupar un centímetro. Y en condiciones normales un centí-



metro cúbico de gas contiene unos 30 quintillones de moléculas. Este número es tan grande que si todos los hombres, mujeres y niños de la Tierra contasen una molécula por segundo, tardarían unos treinta años en llegar al final. Y si ese número parece tan inmenso, considérese que se necesitan, más de 1.000 veces más, moléculas de hidrógeno para el peso de un gramo.

Interior del átomo

Sus partículas principales

La naturaleza del núcleo sólo ha sido esclarecida después de una serie de hipótesis muy imaginativas. La primera postulaba la existencia de una partícula, llamada protón en el interior del núcleo. Ahora sabemos que el protón tiene una masa unas 2.000 veces mayor que la del electrón y representa el 99,9% de la masa del átomo y que tiene una carga eléctrica positiva igual a la del electrón que es negativa. Así pues, los electrones con menos del 0,1% de la masa del átomo, son como un apéndice del mismo, pero ayudan a darle su personalidad básica.

En el interior del núcleo se encuentran dos de las tres clases de bloques que forman el átomo: el protón y el neutrón. Fuera del núcleo se encuentra la tercera clase, el electrón. Como planetas alrededor del sol, los electrones giran sin cesar alrededor del núcleo a velocidades vertiginosas; cada segundo da cien mil billones de vueltas, gracias a la propiedad on-

dulatoria de la materia. Es esta propiedad del electrón, de estar en todas partes al mismo tiempo, la que facilita la solidez y rigidez a la estructura del átomo. Así mismo, la estabilidad del átomo: las órbitas de los electrones y la cohesión del núcleo se deben a sus fuerzas de atracción eléctrica y nuclear fuerte.

La distancia entre las partículas internas (protones) y externas (electrones) del átomo es proporcionalmente mucho mayor que la que hay entre el Sol y la Tierra, comparando a aquel con el protón y a ésta con el electrón. La distancia y tamaños entre el Sol y la Tierra está comprendida en las potencias de 10^8 y 10^6 . Mientras que la separación entre protones y electrones está comprendida entre potencias de 10^{-7} y 10^{-12} . Es posible que sea más comprensible decir, que, para que la distancia entre el Sol y la Tierra fuera comparable a la del electrón y el protón, la Tierra tendría que girar alrededor del Sol más allá de Plutón. Este ejemplo podría bastar para comprender un poco las dimensiones de lo más pequeño; así todo, algunos otros resultarán más próximos.

Si se ampliase el núcleo de un átomo de hidrógeno al tamaño de una naranja, su único electrón describiría su órbita a unos diez km. de distancia. También, si ampliásemos el átomo de hidrógeno al tamaño de la Tierra, su protón, o su núcleo tendría el tamaño de 130 metros de diámetro y su electrón giraría a 6.400 km. de distancia.

Todo esto quiere decir que nada es compacto, ni el diamante. El corazón de

la materia, el átomo, está casi totalmente vacío. Por ello, también, otra comparación; si todos los átomos de una estatua, de dimensiones regulares, se redujesen a esferas no mayores que su núcleo, entonces ese monumento ocuparía un espacio no mayor que una goma de borrar. Y una pregunta: ¿Estará el átomo realmente tan vacío? Hasta hoy nos dicen que sí.

También. Por ejemplo, si se imagina al átomo del tamaño de una casa, entonces el núcleo, sería solamente del tamaño de una cabeza de alfiler. Pero todo el peso del átomo debe estar concentrado en el alfiler, mientras que los electrones casi no pesan. Un núcleo imaginario del tamaño de una cabeza de alfiler pesaría unos cinco millones de kilos.

Y para ir terminando, citaremos algo un poco más grande. Se estima que el peso de una bacteria es de una billonésima de gramo y si se reproduce por bipartición o duplicación, en condiciones favorables su número puede duplicarse cada quince minutos, lo que significa casi cien duplicaciones diarias. Así pues, en poco más de un día y medio pesarían tanto como la Tierra y en dos días como el Sol. Por fortuna esto no llega a ocurrir porque, de una forma u otra, no encuentran las condiciones adecuadas para prolongar su multiplicación.

Dentro del campo de lo más pequeño no podemos cerrar este artículo sin mencionar la medida del tiempo y las posibilidades que nos anuncian con los nanotubos. Estamos acostumbrados a manejar tiempos muy pequeños y sobre todo lo están los que trabajan con frecuencias de gigahertzios y microondas. Pero pueden ser más llamativos los tiempos cada vez más pequeños que se miden en la vida de algunas partículas subatómicas; en ocasiones de un diez elevado a menos veintitrés segundos, casi lo que tarda la velocidad de la luz en recorrer el diámetro de un protón.

La ciencia tiene grandes esperanzas en los nanotubos y en sus aplicaciones futuras. Como ejemplo, citamos un comentario de la revista *Investigación y Ciencia*, de noviembre de 2007, página 5, en el que podemos leer: «Los expertos calculan que en un grano de materia podría inscribirse, mediante microscopía de barrido de efecto túnel, unos diez trillones de bits de datos nanométricos, o sea, toda la información existente en la Tierra, bien escrita o en soporte electrónico». ●