

ISAAC
ASIMOV

Viaje a la
Ciencia

Viaje a la ciencia es una recopilación de ensayos en los que el lector se sumerge en los distintos aspectos de la ciencia: astronomía, astrología, física, química, medicina, o incluso la ciencia ficción como género literario. Siempre serán tratados desde un punto de vista divulgativo y anecdótico. Fenómenos apasionantes de hoy y de siempre.

El gigante Júpiter

La Tierra es uno de los cinco planetas que giran bastante cerca del Sol, en el llamado «sistema solar interior».

Mercurio, Venus y la Tierra están formados por materiales rocosos envueltos en una gran esfera de níquel y hierro. Marte y la Luna están formados sólo por rocas.

Mucho más allá de Marte, sin embargo, hay cuatro planetas totalmente diferentes de la Tierra y de sus vecinos. Ocupan el «sistema solar exterior» y se llaman Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno.

Estos cuatro planetas son gigantes, y cada uno de ellos es mucho mayor que la Tierra. De hecho, tomados en conjunto, estos planetas forman el 99,5% de la masa de todos los objetos que circulan alrededor del Sol. La Tierra y otros planetas del sistema solar interior, más los distintos satélites, asteroides, meteoros y cometas, suman en conjunto el otro 0,5%.

Los cuatro planetas gigantes son totalmente diferentes de la Tierra y sus planetas vecinos en estructura y composición química. Puede que haya esferas rocosas en el interior de los gigantes, pero las regiones exteriores están hechas de materiales normalmente gaseosos bajo tanta presión que se convierten en líquidos muy calientes —a miles de grados de temperatura.

Estos gigantes son tan distintos de nuestros planetas cercanos que los científicos sienten naturalmente curiosidad por saber todo lo posible acerca de ellos. Desgraciadamente, están tan lejos de la Tierra que se hace difícil conocer muchos detalles.

De estos cuatro planetas enormes, el mayor y el más extraño es con mucho Júpiter: tiene 2,5 veces la masa de los otros tres gigantes juntos, y 318,4 veces la masa de nuestra Tierra. Su diámetro en el ecuador es de 142 900 kilómetros, mientras que el de la Tierra es de 12 757.

La superficie visible de Júpiter es una capa nebulosa que flota sobre una atmósfera enorme de hidrógeno y helio. Pero si nos imaginamos su superficie real, resulta 125 mayor que la Tierra. La superficie de la Tierra extendida sobre Júpiter ocuparía lo mismo que India y Paquistán sobre la Tierra.

Si hubiera sólo un planeta gigante que pudiéramos estudiar en detalle, ese sería seguramente Júpiter, precisamente el que está más cerca de nosotros. Por supuesto, este «más cerca» no significa mucho. Júpiter nunca está más cerca de la Tierra que 630 millones de kilómetros: es decir, 1650 veces más lejos de nosotros que la Luna; dieciséis veces más lejos que Venus en su punto más cercano, y doce veces más lejos que Marte en su punto más cercano.

Aún más: no podemos viajar a Júpiter en línea recta. Tanto la Tierra como Júpiter giran en órbitas casi circulares alrededor del Sol. Esto significa que un cohete que despegue de la Tierra también se mueve en una órbita alrededor del Sol, y debe tomar el tipo de órbita que, comenzando en la Tierra, da una curva hacia el exterior hasta que intercepta la órbita de Júpiter en el punto donde esté el planeta. La longitud de la curva es considerablemente mayor que la distancia en línea recta.

Aún así, los seres humanos han enviado cohetes sin tripulación, llamados sondas, a Júpiter: el *Pioneer 10*, el *Pioneer 11*, el *Voyager 1* y el *Voyager 2*. Cada una de ellas tuvo que viajar a través del espacio durante casi dos años antes de llegar a su destino. La primera llegó a las cercanías de Júpiter en diciembre de 1973, y la cuarta lo hizo en julio de 1979. Cada sonda estaba equipada con cámaras que

podían enviar fotografías del planeta y de sus satélites, y con instrumentos que podían transmitir información.

El resultado es que ahora sabemos mucho más acerca de Júpiter que antes de que se enviaran las sondas.

¿Podemos esperar que nave espaciales con seres humanos a bordo puedan acercarse a Júpiter algún día e intentar conocer más acerca de él que lo que pueden conocer los instrumentos manejados a control remoto?

Sería un viaje largo (quizá de cuatro años de duración, ida y vuelta), pero no es impensable. La primera circunnavegación de la Tierra duró tres años, y los avances logrados en materia de cohetes pueden acortar el viaje a Júpiter en las próximas décadas.

Por supuesto, aun si llegamos a Júpiter, hay algunas cosas que es probable que no hagamos en el futuro cercano.

Por ejemplo, no podemos aterrizar sobre la «superficie» de Júpiter porque, como ya he dicho, no se trata de una superficie en el sentido que damos a esa palabra. Es meramente una capa de nubes. Una nave que tratara de aterrizar en ella simplemente se hundiría cada vez más en la atmósfera del planeta.

La temperatura de Júpiter en su capa de nubes visible es de -135 grados, cosa que no nos sorprende considerando que Júpiter está cinco veces más lejos del Sol que nosotros y que recibe sólo el 4% de la luz y del calor que recibe la Tierra. Sin embargo, a medida que la nave se hundiera bajo la superficie visible, la temperatura y la presión crecerían rápidamente y la nave se destruiría rápidamente.

Por supuesto, podemos imaginar que evitamos el aterrizaje sobre Júpiter situando la nave en órbita alrededor del planeta justo sobre la capa de nubes. Júpiter, debido a su gran masa, tiene un campo gravitacional mucho más poderoso que la Tierra; pero si la nave está en órbita, se encuentra en «caída libre» —y el campo gravitacional de Júpiter no se sentirá como un «peso».

Aún así, después de que la nave realizara todas las observaciones necesarias, ¿cómo saldría de allí? Justo sobre la capa de nubes, la fuerza gravitacional de Júpiter es 2,5 veces la de la Tierra en su superficie. Para que una nave pueda escapar de la fuerza de la Tierra en su superficie tiene que lograr una velocidad de 11,3 kilómetros por segundo. Para escapar de la fuerza de Júpiter en su capa de nubes, una nave tendría que desarrollar una velocidad de 60,5 kilómetros por segundo. La energía necesaria para obtener esa velocidad sería enorme, y el problema de transporte suficiente de combustible para obtener esa energía sería todavía mayor.

Hay otras dos dificultades para entrar en la órbita justo por encima de la capa de nubes. Sobre esa capa hay jirones de gas lo bastante gruesos como para presentar resistencia al movimiento de la nave. Esta resistencia puede hacer que la órbita de la nave decaiga y que esta se zambulla en la atmósfera.

Aún peor: las sondas han mostrado que Júpiter tiene un campo magnético veinte o treinta veces mayor que el de la Tierra. Este campo acumula tantas partículas subatómicas cargadas que la intensidad de la radiación de Júpiter puede ser cientos de veces superior a la necesaria para matar a seres humanos.

Entonces, si no podemos aterrizar en Júpiter ni movernos en órbita sobre él a una distancia cercana, ¿podremos aterrizar en uno de sus enormes satélites y utilizarlo como base para observar Júpiter?

Júpiter tiene dieciséis satélites. Cuatro de ellos son muy pequeños (de menos de cien kilómetros de diámetro) y están demasiado cerca de Júpiter; tres de ellos fueron descubiertos por las sondas. Existe también un delgado anillo de pequeñas partículas que gira a poca distancia del planeta. No obstante todos estos cuerpos están demasiado cerca de Júpiter como para servir de pista de aterrizaje.

Más allá encontramos cuatro grandes satélites. De menor a mayor distancia, son lo, Europa, Ganímedes y Calixto. lo es del tamaño de nuestra Luna; Europa es algo más pequeño; Ganímedes y Calixto son un poco mayores.

Ganímedes, el mayor de los cuatro, tiene 5270 kilómetros de diámetro y es el satélite más grande de nuestro sistema solar. En realidad es más grande (pero con menos masa) que el planeta Mercurio. Mercurio está compuesto por rocas y metal, y por lo tanto su masa es superior a la de Ganímedes, que es mayor y está compuesto por rocas y hielo.

Estos satélites están lo bastante lejos de Júpiter como para mantenerse fuera de su atmósfera, y no tienen atmósfera propia. Ganímedes, por ejemplo, está a 1 070 000 de kilómetros de Júpiter, una distancia tres veces superior a la que separa la Luna de la Tierra. La gravedad de Júpiter no es el peligro a esa distancia, y tampoco lo es la fuerza gravitacional de Ganímedes, relativamente pequeña.

Sin embargo, también debemos tener en cuenta el campo magnético de Júpiter. Es lo bastante grande como para llegar a los satélites más grandes y representar un peligro constante. Calixto, el más lejano de los satélites grandes, tiene más posibilidades de ser seguro en este aspecto, pero aun en este caso permanecer allí puede convertirse en un riesgo a largo plazo.

Pero más allá de Calixto existen ocho pequeños satélites de Júpiter que probablemente son asteroides capturados. Tres de ellos giran alrededor de Júpiter a una distancia media de 11 a 12 millones de kilómetros, y los cinco restantes están a una distancia media de 21 a 24 millones de kilómetros. Todos ellos permanecen fuera del campo magnético de Júpiter y ofrecen posibilidades de utilización como estaciones espaciales.

Estos pequeños satélites están fuera de Júpiter, pero no demasiado lejos. Desde estos satélites tan lejanos, Júpiter resulta tan grande como la Luna nos lo parece a nosotros. Desde allí, como no hay atmósfera, un telescopio nos mos-

traría al menos diez mil veces el detalle que mostraría el mismo telescopio desde la Tierra.

Además, desde las estaciones espaciales en los satélites exteriores se podrían enviar sondas a los satélites interiores y al propio Júpiter con más frecuencia y facilidad. En este momento se están haciendo planes (que se han visto retrasados por el desastre del *Challenger*) para enviar una sonda a la atmósfera de Júpiter. Esta misión podría realizarse de manera mucho más eficazmente desde uno de los satélites exteriores de Júpiter.

Una sonda que se hundiera en la atmósfera de Júpiter podría no sólo detectar la temperatura, presión y otras propiedades a medida que varían con la profundidad: entre la capa superior, muy helada, y las más profundas y calientes debe de haber una región con temperaturas moderadas, donde puede existir agua en estado líquido. En realidad, incluso es concebible que exista allí algún tipo de vida, flotando en la atmósfera, desplazándose con las corrientes hacia arriba o hacia abajo para mantenerse en la capa media.

Cada uno de los satélites grande podría, a su vez, ser sondeado. Sondas sin tripulación podrían colocarse en la órbita alrededor de cada uno de ellos, mientras que otras podrían aterrizar en la superficie. Cada satélite tiene sus propios puntos de interés. Cuanto más cerca estás de Júpiter, por ejemplo, más grandes son los efectos de marea que produce la fuerza gravitacional de Júpiter y mayor es el calor que se genera en el satélite como resultado de este efecto.

Calixto, el más lejano de Júpiter de los satélites grandes, es casi mitad hielo y mitad roca. Está lleno de cráteres producidos por impactos de meteoros en el comienzo de su historia. La gran distancia que lo separa de Júpiter significa que Calixto recibió poco calor y que ha permanecido casi sin cambios durante los últimos 4000 millones de años. Ganímedes, el segundo satélite más lejano de Júpiter, está también helado pero tiene menos cráteres. La gran influen-

cia que ejerce Júpiter sobre este satélite ha producido cambios que han dado lugar al nacimiento de cadenas montañosas y valles.

El satélite más interior, Io, ha recibido un fuerte calor, por lo que es completamente seco. En realidad, su interior es tan caliente que existen volcanes activos en su superficie, los únicos que sabemos que existan en el sistema solar fuera de la Tierra. Los volcanes de Io lanzan sulfuro, haciendo que toda la superficie del satélite sea amarilla y naranja y llenando casi todos los cráteres que existen.

El satélite más interesante es Europa, el más pequeño, situado entre Io y Ganímedes y cubierto por una suave capa de hielo. Los impactos de los meteoritos han provocado grietas en el glaciar, pero no forman cráteres, posiblemente debido a que el calor que emana de Júpiter mantiene líquidas las capas interiores, formando el único océano de agua conocido en el sistema solar fuera de la Tierra. Puede que el agua líquida suba a las regiones quebradas del glaciar y las congele otra vez.

Sería muy interesante enviar una sonda al glaciar de Europa, para intentar quebrarlo y penetrar en el agua líquida que hay debajo. No podemos dejar de preguntarnos si se han desarrollado formas de vida en ese océano oculto.

De una cosa podemos estar seguros. Si llegamos a Júpiter y a sus satélites y los estudiamos con cierto detalle, nos aguardan todo tipo de fenómenos interesantes e inesperados.

Plutón, la sorpresa constante

A comienzos de este siglo, algunos astrónomos pensaron que podría haber un planeta más allá de Urano y Neptuno, debido a algunas pequeñas irregularidades en sus movimientos. Quizá alguna fuerza gravitacional desde un planeta distante que no podía verse.

La masa de Júpiter es 318 veces superior a la de la Tierra, y Saturno, que está más lejos, es sólo cinco veces mayor que nuestro planeta. Más allá se encuentra Urano, que tiene 15 veces la masa de la Tierra, y Neptuno, cuya masa es diecisiete veces mayor. Si existiera un planeta aún más distante sería más pequeño que éstos, pero seis o siete veces mayor que la Tierra.

Durante toda una generación los astrónomos trataron de descubrir dónde podría estar este planeta en el cielo, ya que producía efectos gravitacionales observables. Finalmente, en 1930, un joven astrónomo estadounidense, Clyde Tombaugh, lo encontró. Lo llamó Plutón, porque estaba tan alejado en la oscuridad que parecía encajar con el nombre del antiguo dios del mundo subterráneo.

Pero luego vino la primera sorpresa. Se trataba de un mundo oscuro. Los astrónomos pensaron que si era tan grande como esperaban, y tan distante, sería de una magnitud diez, pero en realidad era de una magnitud 14. Tenía sólo una catorceava parte del brillo que debería haber tenido. ¿Por qué? Quizá estaba más lejos de lo que los científicos creían. Lo observaron a medida que se movía lentamente a lo largo del cielo; y a partir de su velocidad y de la dirección de su movimiento calcularon su órbita. Plutón tar-

da 247,7 años en dar una vuelta alrededor del Sol, por lo que su distancia media del Sol es de unos 5900 millones de kilómetros. Es decir, 1.3 veces más lejos de Neptuno, que hasta entonces era el planeta más lejano conocido; pero Plutón estaba todavía más cerca de lo esperado.

Para explicar su oscuridad, los científicos tuvieron que suponer que era más pequeño de lo que creían. Quizá no más grande que la Tierra.

Hubo más sorpresas. Mientras se continuaba observando sus movimientos, se hizo evidente que la órbita de Plutón era mucho más elíptica que la de cualquier otro planeta. En la mitad de su órbita está mucho más lejos del Sol que en la otra mitad. En su punto más alejado (afelio), Plutón está a 7375 millones de kilómetros del Sol. En su punto más cercano (perihelio), Plutón está sólo a 4425 millones de kilómetros del Sol —un poco más cerca del Sol de lo que está Neptuno.

Cuando se descubrió Plutón, se estaba acercando lentamente al perihelio. En 1979, Plutón cruzó la órbita de Neptuno y permanecerá veinte años dentro de ella. En este momento no es el planeta más alejado del Sol, sino Neptuno. Pero cuando llegue el año 2000, Plutón se deslizará detrás de Neptuno y se dirigirá hacia el exterior. Entonces continuara siendo el planeta más lejano durante otros 220 años, cuando nuevamente se acerque al perihelio.

¿Esto significa que Plutón puede llegar a chocar con Neptuno algún día? No, ya que la órbita de Plutón no es igual que la de los otros planetas. Está inclinada 17 grados en relación al plano de la órbita de la Tierra. Si se hiciera un molde exacto del sistema solar y de las órbitas planetarias que entrara en el envase de una pizza, la órbita de Plutón saldría de ella. Como resultado, cuando Plutón se acerca al Sol más que Neptuno, o se aleja hacia el exterior, nunca está a menos de 1300 millones de kilómetros por encima o por debajo de Neptuno.

¿Y de qué está hecho Plutón? Si se trata de un planeta pequeño, no puede tener una atmósfera profunda ni una capa gruesa de nubes, como los planetas gigantes. Debe de estar hecho de roca, de hielo o de una mezcla de ambos. En cualquier caso, debe de haber roca clara y oscura, o roca desnuda y roca helada. Sus distintas regiones pueden tener brillos diferentes.

En 1954, el astrónomo canadiense Robert H. Hardie y su colaborador Merle Walker midieron el brillo con mucha precisión y descubrieron que cada 6,4 días era un poco más brillante y un poco más oscuro. Decidieron que esto significaba que Plutón rotaba sobre su eje cada 6,4 días, y que un hemisferio era un poco más oscuro que el otro.

Mientras tanto se estaban realizando grandes esfuerzos para determinar exactamente el tamaño de Plutón. Quizá con telescopios nuevos y más grandes, Plutón podría ser medido directamente. En 1950, el astrónomo estadounidense de origen holandés Gerard Peter Kuiper asumió la tarea con un nuevo telescopio gigante (cuya lente era de 508 centímetros) en el monte Palomar, y calculando su órbita descubrió que el diámetro de Plutón era de 6100 kilómetros, es decir, la mitad del diámetro de la Tierra, y un poco menos que el diámetro de Marte.

Los astrónomos quedaron muy sorprendidos. No podían creer que Plutón fuera tan pequeño.

Pero existe otra manera de determinar el tamaño de Plutón. De vez en cuando, mientras se mueve lentamente a lo largo del espacio, Plutón pasa cerca de una estrella oscura. Si pasa por delante de ella (lo que se llama «ocultación»), la estrella titilará durante un período. A partir de ese período de tiempo podemos hacernos una idea del diámetro de Plutón.

El 28 de abril de 1965, Plutón se movía hacia una estrella oscura en la constelación de Leo. Si Plutón fuera tan grande como la Tierra o siquiera como Marte, el planeta pasaría lo bastante cerca de la estrella como para escon-

derla con su borde. Pero no hubo ocultamiento al pasar Plutón. La pequeña esfera de Plutón desapareció. Para que esto ocurriera, debía estar a 5790 millones de kilómetros o incluso menos. Esto hizo pensar que Plutón era considerablemente más pequeño de lo que Kuiper había calculado. Su tamaño estaría, como máximo, a mitad de camino entre Mercurio y Marte, los dos planetas más pequeños conocidos.

Aun si Plutón estuviera hecho de roca, tendría una masa de sólo una dieciseisava parte de la Tierra, y quizá menos.

Pero luego ocurrió algo totalmente inesperado, la mayor sorpresa que tenía reservada Plutón.

En junio de 1978, el astrónomo americano James Christie estaba estudiando fotografías de Plutón tomadas en excelentes condiciones. Christie estudiaba las fotografías muy aumentadas, y le pareció ver un bulto en Plutón.

Miró otras fotografías aumentadas y todas tenían ese bulto. Es más: Christie vio que el bulto no estaba en el mismo lugar en todas las fotos. Al estudiar cada foto descubrió que el bulto se movía alrededor de Plutón cada 6,4 días, el periodo de rotación de Plutón.

O había una gran montaña en Plutón, o este tenía un satélite cercano. En 1980, el astrónomo francés Antoine Laveyrie, observando desde el Mauna Kea en Hawai, descubrió que había un espacio entre Plutón y su bulto. Plutón podría ser un mundo pequeño mas, para sorpresa de los astrónomos, ¡tenía un satélite!

Christie llamó Caronte al satélite, por el conductor de la barca que, según la mitología antigua, llevaba las sombras de los muertos a través de la laguna Estigia al mundo subterráneo de Plutón.

En 1980, Plutón pasó cerca de otra estrella. Plutón no la ocultó, ¡pero sí Caronte! Como resultado de ese ocultamiento, tal como fue visto desde Sudáfrica por un astrónomo llamado A. R. Walker, se descubrió que Caronte tenía

un diámetro mínimo de 1170 kilómetros (sólo un tercio del diámetro de la Luna).

Midiendo la distancia aparente entre Caronte y Plutón, y conociendo la distancia de ambos a nosotros, los astrónomos calcularon que Caronte estaba a 19 700 kilómetros de Plutón (sólo una veinteava parte de la distancia de la Luna a la Tierra).

A partir de la velocidad con que Caronte giraba alrededor de Plutón a esta distancia era posible calcular la masa de Plutón, y resultó que Plutón tenía, como máximo, sólo cerca de 1/500 de la masa de la Tierra. En realidad tenía, como mucho, sólo un poco más de una sexta parte de la masa de la Luna, y diez veces la masa de Caronte. Plutón era aún más pequeño de lo que todos suponían —una vez más había sorprendido a los astrónomos.

Se supuso que Plutón era tan pequeño que no podía estar hecho de roca, ya que en ese caso sería demasiado pequeño como para tener el brillo que parecía tener. La roca no reflejaría suficiente luz. Plutón debía de ser un cuerpo de hielo, ya que el hielo es más voluminoso que la roca y refleja más luz. Un Plutón helado sería por lo tanto lo bastante grande y capaz de reflejar el brillo tal como lo hace.

Según las últimas mediciones, Plutón es aún más pequeño. Actualmente consideramos que Plutón tiene sólo 2280 kilómetros de diámetro, y sólo una décima parte de la masa de nuestra Luna (o 1/800 la masa de la Tierra). Caronte tiene sólo 1290 kilómetros y 1/100 de la masa de nuestra Luna.

La combinación de Plutón y Caronte bate un récord. Por lo general, los satélites de un planeta son mucho más pequeños que el propio planeta. Ganimedes, el satélite mayor de Júpiter, tiene sólo 1/10 000 la masa de éste, por ejemplo. Pero nuestra Luna tiene una masa igual a 1/81 la de la Tierra. La Luna es un satélite muy grande para un planeta tan pequeño como la Tierra, de manera que la relación Tierra-Luna era lo más cercano a un «planeta doble»

dentro de nuestro sistema solar. Pero la masa de Caronte es una décima parte de la de Plutón, de manera que la relación Plutón-Caronte se acerca más a un doble planeta que la de la Tierra-Luna.

Caronte gira alrededor de Plutón de tal manera (visto desde la Tierra) que cada 124 años se mueve durante cinco años por delante de Plutón, y luego por detrás. Atraviesa este periodo de eclipse en el punto en que Plutón está más lejos del Sol, y otra vez en el punto más cercano al Sol.

Caronte fue descubierto justo antes de que comenzara este periodo de cinco años de eclipses, de modo que ahora los astrónomos están observando ávidamente estos efectos. Es más: Plutón está ahora en su perihelio, más cerca del Sol y de nosotros —justo cuando puede ser mejor estudiado—. Si Caronte hubiera sido descubierto sólo quince años más tarde, los astrónomos habrían perdido esta oportunidad y tendrían que haber esperado dos siglos y medio para ver los eclipses desde un punto cercano (para entonces, seguramente, habríamos enviado cohetes más lejos de Plutón).

Cuando dos mundos están cerca, los efectos de marea disminuyen la velocidad de sus rotaciones. Así, los efectos de la marea de la Tierra han disminuido la velocidad de rotación de la Luna hasta el punto que muestra sólo un hemisferio hacia la Tierra a medida que gira a su alrededor. La rotación de la Tierra también se hace más lenta debido al efecto de marea de la Luna, pero el tamaño de la Tierra ha hecho que la disminución de la velocidad haya sido sólo parcial hasta ahora.

Plutón y Caronte, sin embargo, están tan cerca que el efecto de marea aumenta sobre cada uno de ellos. Los dos cuerpos son tan pequeños que disminuyen su velocidad de manera fácil y rápida. El resultado es que ambos han visto disminuir su velocidad hasta el punto que sólo se muestran un hemisferio mutuamente. Están encarados permanentemente uno frente a otro, y dan vueltas sobre sí mismos co-