

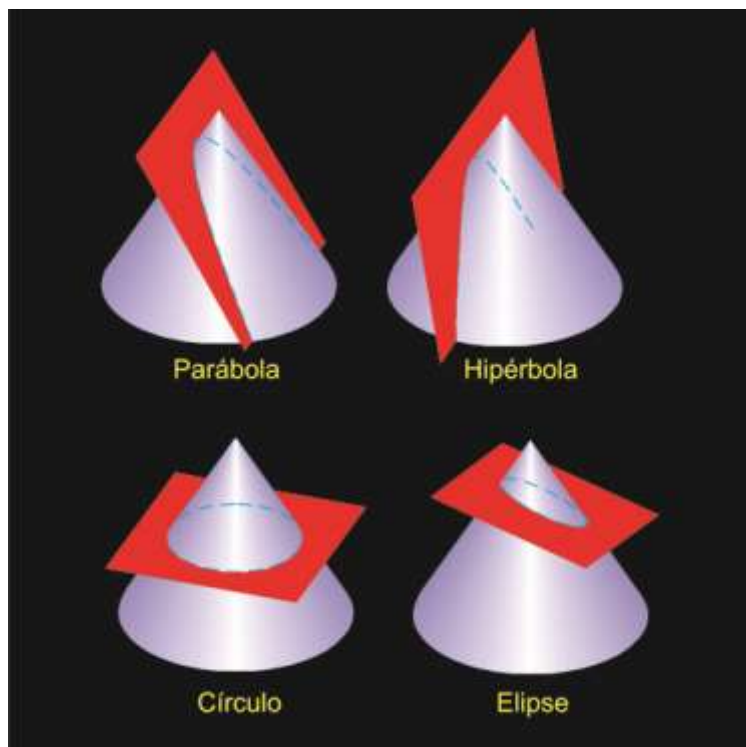
FORMAS DE LAS ÓRBITAS PLANETARIAS

Antonio Bernal González

Revista Astronomía, Madrid, octubre de 2007

Los cuerpos celestes interactúan siguiendo órbitas que son curvas cerradas o abiertas. Los planetas y los cometas giran alrededor del Sol siguiendo elipses y lo mismo hacen los satélites alrededor de los planetas.

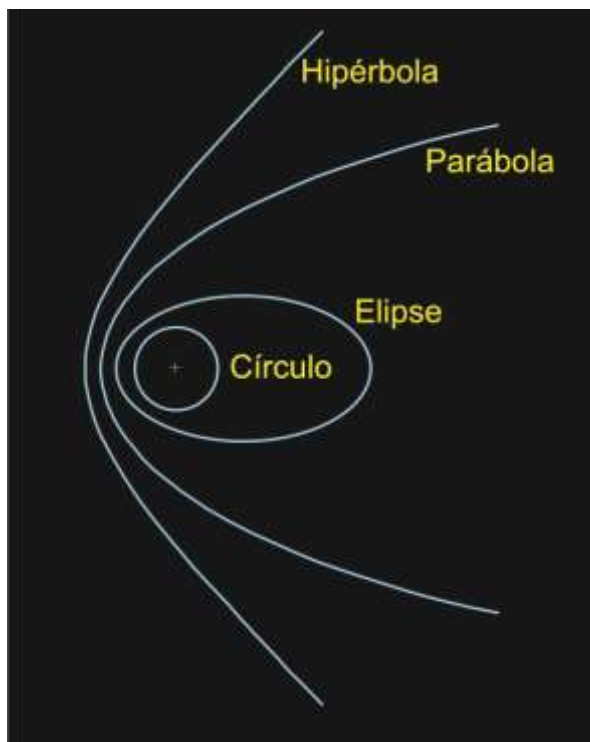
¿Por qué las órbitas de los planetas son elipses? ¿Por qué no, por ejemplo, círculos, como lo creían los antiguos aristotélicos? Es una curva más simple que la elipse y el Universo sería, por tanto, más sobrio si los cuerpos girasen unos en torno a los otros haciendo círculos perfectos. Fue esa idea de perfección la que tuvo en jaque a los astrónomos durante siglos, hasta que Kepler, estudiando los movimientos del planeta Marte, demostró que las órbitas son alargadas. Este fue el clímax de la revolución copernicana, que redujo los ochenta y tantos círculos que necesitó Tolomeo para describir el universo y los más de treinta que usó Copérnico, a siete elipses, una para cada planeta y otra para la Luna. En este sentido no es aventurado afirmar que Copérnico fue un pre-copernicano pues, aunque atinó en lo fundamental al quitar la Tierra del centro del mundo, siguió utilizando círculos, epiciclos y otros elementos de la astronomía tolemaica.



Las secciones cónicas resultan de hacer un corte plano en un cono. Si el plano de intersección tiene una inclinación igual a la arista del cono, el resultado es una parábola; si la inclinación es mayor que la de la arista, pudiendo llegar a ser vertical, el resultado es una hipérbola; si el plano de corte es paralelo a la base (horizontal), la curva resultante es un círculo; si la inclinación es mayor que la horizontal pero menor que la arista, la curva es una elipse. (Imagen cortesía del autor)

El descubrimiento de Kepler fue una proeza que le costó toda una vida de trabajo y que no fue reconocida a cabalidad sino varias décadas después de su muerte. El extraordinario observador del cielo y gran matemático Giovanni Domenico Cassini, por ejemplo, creía que las órbitas seguían una trayectoria dibujada por una curva matemática estudiada por él, a la que se le dio el nombre de *Cassinoide*, *Óvalos de Cassini* o *Elipse de Cassini*. Es curioso que el estudio de este científico italo francés se realizara cincuenta años después de la muerte de Kepler, lo que demuestra la poca credibilidad que despertaron sus leyes. En realidad, no es que no se creyera en ellas, sino que las leyes de Kepler eran poco conocidas. Los libros de este astrónomo son una mezcla de autobiografía –bastante aburrida– con asuntos científicos –bastante pesados–, escritos en un latín anticuado y difícil, de manera que no es de extrañar que medio siglo después, muchos hombres de ciencia lo pasaran por alto. El propio Newton dedujo por su cuenta, a partir de la ley del cuadrado inverso, ideada por Robert Hooke, que las órbitas son elípticas, o más exactamente, que pertenecen a una familia de curvas llamadas las cónicas, de la que forman parte la elipse, la parábola y la hipérbola y a la que *stricto sensu*, pertenecen también el círculo y la línea recta.

A la pregunta de por qué las cónicas y no otra familia de curvas, quizás no podamos dar respuesta, pues la naturaleza tiene sus motivos recónditos, y el Universo se adapta tan bien a sus designios, que parecen diseñados a propósito. Pensemos que para el Universo es, en cierto sentido, afortunado el haber seleccionado esta familia de curvas para que los cuerpos contenidos en él se interrelacionen. Y lo es porque ofrece todas las posibilidades, desde órbitas cerradas, como la elipse o el círculo, para cuerpos que viajan a baja velocidad, hasta las abiertas, como la parábola y la hipérbola, que le permiten a un astro venir del infinito, darse un paseo por algún otro astro que encuentre a su paso – por ejemplo el Sol – y marcharse para no retornar jamás. Con una familia que ofreciera sólo curvas abiertas, no habría cuerpos que giraran alrededor de otros y el Universo sería desordenado como un mercado persa; por otro lado, con una familia que tuviera solamente la posibilidad de curvas cerradas, todos los cuerpos estarían necesariamente atados a otro y no habría, por tanto, libertad de acción.



La familia de las cónicas es muy rica pues tiene posibilidad de curvas cerradas, como el círculo y la elipse, o abiertas como la hipérbola y la parábola.

Pero lo que sí que podemos responder es por qué, de entre todas las cónicas, los planetas siguen la elipse y no otra de ellas. Supongamos, por ejemplo, que un cometa se acerca al Sol con velocidad suficiente para que su órbita sea abierta. En este caso tiene dos posibilidades: o la trayectoria será una parábola, que es el tipo de curva dibujado por un proyectil lanzado al aire, o será una hipérbola que es, en apariencia, similar a la anterior, pero tiene características matemáticas diferentes. Pero, ¿Cuál de las dos? Podemos apostar diez a uno a que será una hipérbola. En efecto, uno de los parámetros de la órbita, llamado *excentricidad*, vale 1 para la parábola y cualquier otro valor mayor que 1 para la hipérbola. Esta última curva tiene, pues, infinitas posibilidades, contra una sola de la parábola. Esto parece contradecir las informaciones aparecidas en los listados de cometas, en los que casi todos son parabólicos. Pero no nos fiemos de esos informes, porque la parábola suele ser el comodín de los científicos que, cuando no tienen datos suficientes, hacen la aproximación a una parábola por ser ésta una curva de tratamiento matemático más sencillo. (Algo similar ocurre, por ejemplo, con las antenas parabólicas para recepción de satélite, que, en rigor, deberían ser elípticas con un foco en el satélite y otro en el receptor, pero la forma de parábola que tienen es una excelente y fácil aproximación).

Cuando se trata de cuerpos de órbitas cerradas, como los planetas, ocurre algo similar pues tienen la posibilidad de ser, o bien elípticas, o bien circulares. Pero el círculo puede tomar sólo un valor para su excentricidad, cero, mientras que la elipse tiene infinitas posibilidades al poder tomar un valor cualquiera entre cero y uno. (Cualquier valor que queramos imaginarnos para la excentricidad, que empiece por cero coma, producirá una elipse). Es por esto que una órbita circular es, en rigor, una imposibilidad matemática.

Resumiendo, podemos decir que si un cuerpo tiene energía suficiente para que su órbita sea abierta, ésta será una hipérbola; si no la tiene, como en el caso de los planetas y los asteroides, será una elipse. Todos los cuerpos del Universo cumplen a cabalidad sus deberes con las curvas cónicas, desde los planetas del Sistema Solar, hasta estrellas que giran alrededor de otras en períodos de millones de años. Las formas de las órbitas han resistido las pruebas más severas, como la de la Teoría de la Relatividad, cuando se demostró que ciertas irregularidades en la órbita de Mercurio no se debían a un fallo de las leyes de Kepler, sino a un efecto relativista. Y la prueba más severa en el campo práctico, el hecho de que, por medio de cálculos hechos con sus fórmulas, hayamos podido llegar, con naves automáticas, hasta los planetas más alejados del Sistema Solar.