



# LAS CONICAS DE

por M.<sup>a</sup> JOSE RIVERA ORTUN  
Catedrática de Matemáticas  
del I. B. de Carcagente (Valencia)

En su éxodo del campo a la ciudad, el hombre de hoy está olvidando uno de los hábitos más hermosos del mundo antiguo: observar el cielo. Pero todos los días El está allí, lleno de inmensidad, lleno de estrellas, lleno de misterio... y lleno de cónicas.

Apolonio se dio cuenta de que seccionando dos conos unidos por los vértices mediante distintos planos, se obtenían cuatro tipos de curvas: circunferencias, elipses, parábolas e hipérbolas. Al conjunto de las cuatro las llamó cónicas, y como era de esperar constituyen una verdadera familia en el sentido de que tienen características análogas, pudiéndose pasar de unas a otras simplemente variando un elemento común a todas ellas: la excentricidad.

Pero las cónicas, aún siendo una familia de curvas rica en propiedades y por tanto muy interesantes desde el punto de vista matemático, deben su importancia a que el Universo, en su constante e infatigable movimiento, es el más entusiasta constructor de circunferencias, elipses, parábolas e hipérbolas. El hombre, que siempre ha mirado al cielo, se dio cuenta de ello hace mucho mucho tiempo. Al principio estaba confuso, y así por ejemplo en los poemas de Homero se describe a la tierra como un disco plano, pero pronto empezaron a surgir las cónicas. Veamos de que modo.

## LA CIRCUNFERENCIA

La circunferencia ha sido durante siglos un símbolo fundamental de la humanidad, y también fue la primera de las cónicas mediante la que se trataba de explicar el movimiento de los astros. Los observadores antiguos quedaron fascinados cuando vieron que día a día las estrellas y el sol describían circunferencias en torno a la tierra. Más adelante se observó que las salidas y puestas del sol no siempre se producían bajo el mismo trasfondo de estrellas, sino que estas parecían moverse a su vez a lo largo de una franja a la que se denominó eclíptica.

El sol, por tanto, estaba dotado de dos movimientos: uno como el del resto de las estrellas y otro específico de periodicidad anual. El sol para los antiguos era un dios, la fuente de vida y del vocablo egipcio "zoon" que significa ser viviente, salió el término zodiaco con el que se designa a las constelaciones de la eclíptica. Pero estas sencillas creencias fueron pronto abandonadas cuando el hombre antiguo se dio cuenta de que no explicaban algunos de los fenómenos del cielo. Por ejemplo pudo observar que los planetas no solo se desplazan lentamente de oeste a este, sino que a veces incluso retroceden en sus trayectorias, y Platón, en el diálogo de Timeo poco más o menos se preguntaba ¿Cómo es posible que los planetas tengan una órbita circular y uniforme (el movimiento uniforme fue otro de los grandes mitos) tal que los hace parecer moverse de modo distinto de las Estrellas fijas?. Eudoxo quiso explicar ambos fenómenos a través de un sistema de cuatro esferas concéntricas que giran alrededor de la tierra en torno a distintos ejes, y concluye afirmando que las anomalías son solo aparentes y que el movimiento real es perfectamente circular y uniforme. Aristóteles trata de hallar una explicación física y no solo geométrica a la realidad del Universo, lo cual denota ingenio y perspicacia inéditos hasta entonces. Habla de las interacciones en los movimientos de las esferas de Eudoxo, y su actitud de físico en el sentido de que busca causas, cualidad, naturaleza, fuerzas, potencia y generación de movimientos y anomalías, contrasta con la del astrónomo antiguo, matemático ante todo, preocupado por descubrir la ordenación de los cuerpos celestes, tamaños, distancias y trayectorias.

Otro enamorado de las circunferencias fue Ptolomeo (a quien por cierto el reciente Premio Cervantes de Literatura, Octavio Paz ha dedicado un poema). Ptolomeo enuncia: "los cielos son esféricos y se mueven circularmente en torno a ejes fijos" o "la tierra está exactamente en el centro de los cielos" o "la tierra es claramente esférica" o "el objetivo del astrónomo es demostrar que los fenómenos de Universo están producidos por movimientos circulares y uniformes" o "solo los movimientos circulares y uniformes son apropiados para su divina naturaleza". Pero el número de circunferencias que



# UNIVERSO

requería Ptolomeo para explicar sus teorías era tan grande, que Alfonso X el Sabio al conocerlo dijo: "Si Dios Todopoderoso me hubiese consultado antes de emprender la obra de la Creación, yo le hubiera recomentado algo más simple".

Hasta el s. XIII ninguna aportación digna de ser mencionada y entonces entra en escena Copérnico. De las hipótesis básicas eudoxo-aristotélico-ptoloméicas sobre la mecánica celeste a saber: la inmovilidad de la tierra, y la circularidad y uniformidad del movimiento de los astros, Copérnico conservó la segunda y desechó la primera, con lo que el revuelo que organizó fue antológico. El Universo de Copérnico se basa en los postulados: que todos los cuerpos celestes no se mueven en torno al mismo centro, que la tierra no es el centro del universo sino solo el de la órbita de la luna, que el verdadero centro es el sol aunque, cosa curiosa, dice que los planetas no giran en torno a él sino alrededor de un punto que le es próximo, y que la tierra gira en torno a su eje polar mientras que el sol es inmóvil. Entre los sucesores de Copérnico hay que citar a tres: uno fue paradójicamente anticopernicano llamado Brahe, descontento también de las explicaciones de Ptolomeo, y por tanto creó un Universo mixto: luna y sol giran en torno a la tierra fija en el espacio, pero el resto de planetas y estrellas trazan círculos concéntricos en torno al sol. Brahe además en 1572 descubrió una nova que dejó de ser visible en 1574, con lo que probó que la hipótesis de la inmutabilidad de los cielos era evidentemente falsa.

Otro sucesor de Copérnico fue un genio llamado Galileo. Vida difícil, siempre luchando contra la sinrazón establecida como dogma. Cuando en 1610 publicó: "El mensajero celeste" en el que se daba noticia del descubrimiento de cuatro de los satélites de Júpiter, las teorías de Ptolomeo sufrieron un golpe mortal pero no reconocido, actitud que dice muy poco hacia aquellos contemporáneos suyos que hicieron sufrir vejaciones, condenas y desprecio al hombre que llegó a quedarse ciego de tanto mirar y amar las estrellas.

## LA ELIPSE

El tercer discípulo de Copérnico fue Kepler, crítico, no obstante, con su maestro. Eliminó a sus detractores con argumentos simples pero contundentes, al formular la teoría de las órbitas elípticas. Sus tres postulados: los planetas se mueven describiendo caminos elípticos en uno de cuyos focos está el sol, la velocidad de su movimiento no es uniforme sino que a tiempos iguales las áreas que barren los radiovectores (distancias planeta-foco) son iguales, y los cubos de los semiejes mayores son proporcionales a los cuadrados de los tiempos empleados en recorrerlos, supusieron el fin de la obsesión circular (y del movimiento uniforme) que había durado tantos siglos. A raíz de los descubrimientos de Kepler, los astrónomos volvieron a preocuparse de los cometas. Los griegos pensaban que solo eran fenómenos atmosféricos, y se mantuvo tal creencia hasta que Brahe observó anomalías en sus desplazamientos. Los cometas son objetos muy brillantes, con poca masa en su núcleo y una gran cola debida a que al moverse en órbitas muy excéntricas es decir muy alargadas, al acercarse bastante al sol se produce un incremento de la temperatura que vaporiza los gases, los cuales forman una nube a la que la presión de la radiación solar empuja hacia afuera. Los cometas más conocidos son los de órbitas elípticas, puesto que esto les permite aparecer periódicamente. El más famoso es el de Halley, amigo de Newton, del cual su descubridor predijo una periodicidad de 76 años, predicción que se viene cumpliendo y que anuncia una nueva aparición en 1986.

En 1687 apareció uno de los libros más importantes de la historia de la ciencia. Título: "Principios matemáticos de la filosofía natural", autor: Isaac Newton, intención: exponer aquellos principios matemáticos que aplicados a los problemas de la Física de la naturaleza pudieran explicarla en su totalidad. Pero en una obra anterior titulada "Sobre el movimiento", describió sus investigaciones sobre la mecánica celeste y concluyó con que las órbitas de los planetas eran elípticas. El concepto de la gravitación universal y sus leyes, explicaba perfectamente la principal hipótesis de Kepler.

## PARABOLA E HIPERBOLA

Si la excentricidad de la cónica es uno o más de uno, los cometas describen parábolas o hipérbolas respectivamente, lo cual provoca que no vuelvan a aparecer. Poco se sabe sobre ellos. Incluso a menudo es complicado, debido a errores de medición, distinguía entre las trayectorias de excentricidad próxima a uno si el cometa volverá o no. Más aún, si pasan cerca de un astro de gran masa su trayectoria puede verse perturbada, pasando a ser elíptica y por tanto de aparición periódica a caminar sobre parábolas o hipérbolas y no volver jamás o viceversa.

La física del Universo, conservando estos supuestos básicos respecto al movimiento de los cuerpos celestes, ha avanzado mucho en los últimos tiempos.

Pero es imposible cualquier reseña de este tipo si no se menciona a aquel oscuro funcionario de la Oficina Suiza de Patentes, que en 1905 y a través de tres artículos revolucionó la física moderna: en el primero estableció la existencia real de las moléculas, por el segundo sobre Óptica Física recibió el Premio Nóbel y en el tercero esbozó las líneas generales de la Teoría de la Relatividad, base de las actuales investigaciones sobre el Cosmos. Este hombre se llamaba, claro está, Albert Einstein. 3