## Bicicletas matemáticas

## Angel Ferrández Izquierdo Académico de Número de la Academia de Ciencias

Entendemos por bicicleta un vehículo de dos ruedas, normalmente de igual tamaño, cuyos pedales transmiten el movimiento a la rueda trasera por medio de un plato, un piñón y una cadena. Es lo más natural cuando se asocia rueda con algo muy redondo, es decir, rueda se identifica con una circunferencia, entendida como curva plana y cerrada cuyos puntos equidistan de otro situado en su interior, llamado centro. Es más, la experiencia nos dice que, salvo caminos pedregosos, un paseo en bici suele ser muy placentero. ¿Cuál es la razón de ese confort? Que el centro de masas del sistema bici/ciclista, situado en el centro del segmento que une los centros de las ruedas, describe una recta casi perfecta.

Entra ahora en escena el pensamiento matemático para indicar que cada rueda es, en efecto, una circunferencia que se desplaza, sin deslizarse, sobre un camino que identificamos con una curva suave, sin picos, que idealmente sería una línea recta. Hemos puesto de manifiesto dos curvas, circunferencia y recta, desplazándose una sobre la otra, así que podemos modificar cualquiera de ellas. Comencemos por la primera, tomando como curva cerrada un cuadrado que desempeñaría el papel de rueda de nuestra nueva bici. Suponiendo que la ponemos en movimiento, cosa harto difícil sobre un camino plano, enseguida nos daremos cuenta que su centro de masas describe una curva no recta.

Si por el contrario mantenemos la rueda circular y modificamos la curva del camino, siendo ahora una sinusoide, el paseo no resultará muy confortable. Todavía peor si el camino está formado por trozos enlazados de catenarias (baches) o catenarias invertidas (pasos de cebra sobreelevados). Lo sorprendente de la mezcla de ambos casos, bici de ruedas cuadradas y camino formado por catenarias invertidas, es que el paseo es tan placentero como el de una bici clásica sobre sobre un camino plano. En efecto, construimos un camino a base de trozos iguales de catenarias invertidas, de manera que cada trozo enlace con el siguiente formando un ángulo de 90 grados, que es justamente el ángulo interior de la rueda. Subidos a una bici de ruedas cuadradas, cuyo lado sea de la misma longitud que cada trozo de catenaria, y desplazándonos sobre tal camino, apenas nos daríamos cuenta de la rareza de las ruedas.

Idéntico razonamiento, salvo pequeños detalles, valdría para ruedas pentagonales, hexagonales, etc., y catenarias invertidas como caminos. Entonces ¿cualquier polígono regular valdría como rueda? La excepción, sorprendentemente, está en el triángulo. La razón está en que su ángulo interno es de 60 grados y 90 es el ángulo mínimo entre dos catenarias consecutivas. ¿Y ruedas con forma de margarita? Las matemáticas nos dirán qué forma debe tener el camino.