

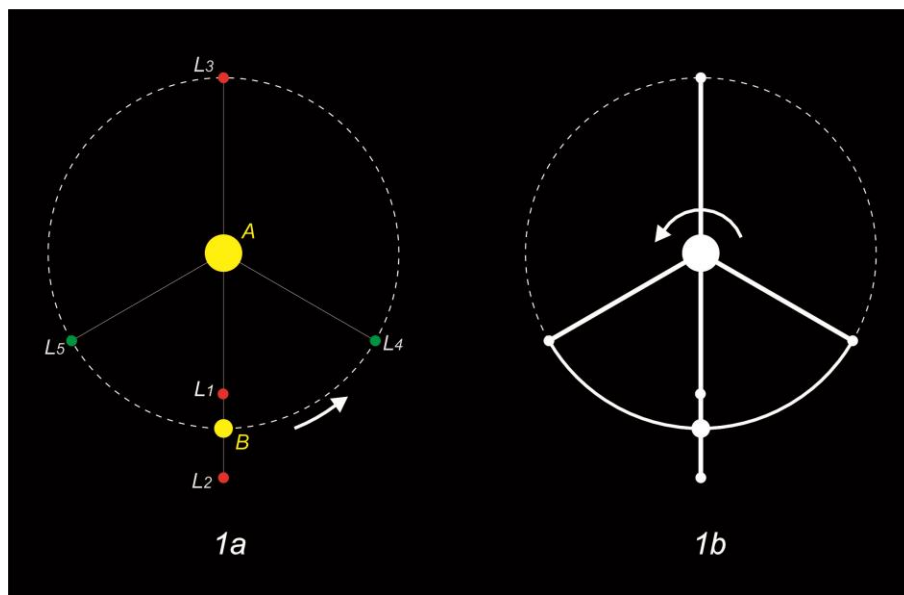
LOS PUNTOS DE LAGRANGE

Antonio Bernal González

Publicado en la revista *Astronomía*, Madrid, mayo de 2019

Alrededor de cada par de astros que orbitan uno en torno al otro, hay cinco puntos en los que parece no existir la gravedad.

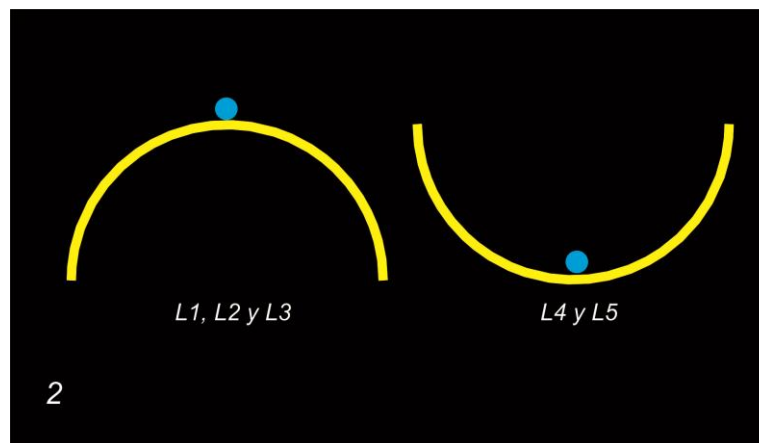
A principios de enero del año 2019 la sonda china *ChangE-4* descendió en la cara oculta de la Luna y unos días después salió de ella un pequeño robot o *rover*, con la misión de explorar el suelo del entorno. Es evidente que, para realizar unas maniobras tan complejas, tanto la sonda como el robot debieron estar en permanente comunicación con el centro de control en la Tierra. ¿Cómo pudieron hacerlo, puesto que desde la cara oculta no hay línea de visión directa hacia nuestro planeta y por tanto las ondas de radio no pueden llegar a él? La Agencia Espacial China resolvió el problema enviando unos meses antes un satélite-antena, el *Queqiao*, al que puso a flotar en el espacio directamente sobre la cara oculta. Uno podría pensar que esto no es posible porque, al no estar en órbita de la Luna, la gravedad lo haría caer sobre ella, pero la verdad es que el satélite fue puesto en un punto que hay allí, que es una especie de atractor en el que los cuerpos se quedan atrapados y estáticos



A la izquierda los cinco puntos de libración junto a dos astros orbitales A y B. A la derecha en líneas gruesas, la figura rígida e imaginaria que gira alrededor de A

Ese sitio neutral que parece sin gravedad, no es único. En el siglo XVIII, el gran matemático suizo Leonard Euler descubrió que cuando dos cuerpos A y B —en este caso la Tierra y la Luna— están en interacción gravitatoria, generan tres puntos neutrales como el descrito, que están alineados con los dos astros. Uno de ellos, llamado *L1* queda en un lugar intermedio entre A y B, el segundo, *L2*, está cercano a B, por fuera de la órbita y el tercero, *L3*, por el lado opuesto, muy cerca de la órbita de B, (figura 1ª). Las distancias a las que están estos puntos, llamados puntos de libración, en los que parece que la gravedad no actúa, dependen de las masas de A y

B y de la distancia entre los dos. Pocos años después del descubrimiento de Euler, el matemático ítalo francés Josep Louis Lagrange descubrió otros dos puntos similares que no están alineados con los tres primeros, sino que se sitúan en la órbita que el cuerpo menor hace alrededor del mayor. Uno de ellos, L_4 , va 60° por delante del cuerpo que orbita y el otro, L_5 , 60° por detrás. En 1772, Lagrange publicó *Ensayo sobre el problema de los tres cuerpos* en el que describe estos cinco puntos neutrales, que desde entonces se llaman “Puntos de Lagrange”. Es como si en ellos los campos gravitatorios de los dos astros se anularan, de manera que no ejercen fuerza alguna sobre los cuerpos que se encuentran allí. Si unimos con líneas el dibujo de los astros A y B y los cinco puntos de libración, veremos una figura (con un remarcable parecido al símbolo hippie de la paz), que podemos imaginar como una estructura rígida y giratoria alrededor del punto A , (figura 1b) con un período igual al de traslación que tiene B .



A la izquierda los cinco puntos de libración junto a dos astros orbitales A y B . A la derecha en líneas gruesas, la figura rígida e imaginaria que gira alrededor de A

Podemos pensar en los puntos de Lagrange como unos atractores que retienen todo aquello que llega a ellos, pero con ciertas limitaciones. Los tres primeros, los descubiertos por Euler, son inestables, mientras que los otros dos son estables. Esto quiere decir que un cuerpo que esté en L_1 , L_2 o L_3 , saldrá de allí con mucha facilidad a la menor perturbación que reciba, mientras que en los otros dos permanecerá indefinidamente. Un buen símil es el de un bol o cuenco semiesférico de cocina (figura 2). Si echamos a rodar una canica dentro de él, oscilará alrededor del fondo hasta que se detendrá en un punto donde permanecerá por tiempo indefinido. Así ocurre en los puntos L_4 y L_5 . Ahora pongamos el bol boca abajo y coloquemos la canica con cuidado en la parte más alta de esa pequeña cúpula: se quedará allí en un equilibrio que es inestable, pues al menor movimiento o fuerza externa que ejerzamos se apartará de él y caerá. Ese punto de equilibrio es similar a L_1 , L_2 y L_3 .

Tan fuerte es la atracción que ejercen los puntos de Lagrange, que algunos de ellos se han ido llenando de material proveniente de la vecindad. Tal es el caso de los puntos L_4 y L_5 del sistema Sol – Júpiter a los que han migrado miles de asteroides provenientes del cercano Cinturón de Asteroides y forman los dos grupos conocidos como Troyanos. Además de los de Júpiter, hay también troyanos en los puntos estables de Marte y de Neptuno y hasta la Tierra tiene uno denominado temporalmente 2010 TK7.

La sonda-antena china *Queqiao* fue puesta en el punto L_2 del sistema Tierra – Luna que queda a unos 63000 km por encima de la superficie de la Luna. Desde allí tiene visión directa, tanto de la cara oculta de nuestro satélite, como de la Tierra, de manera que sirve perfectamente

como antena repetidora para las comunicaciones de la nave *ChangeE* y su *rover* con la Tierra. Y no es esta la única nave que ha utilizado los puntos de libración como sitio de parqueo. Ya en 1978 la NASA puso una sonda llamada *ISEE 3* en el punto *L1* del sistema Tierra – Sol, a un millón y medio de kilómetros de la Tierra, desde donde tenía visión permanente, tanto del Sol como del planeta. Ese mismo punto *L1* ha sido aprovechado en otras ocasiones por la NASA: en 1996 por el satélite *SOHO*, en 1997 por el *Advanced Composition Explorer*, en 2004 por la sonda *WIND*, en 2015 por el *Deep Space Climate Observatory* y el *Lisa Pathfinder*. También otros puntos de libración han sido utilizados en varias ocasiones, como el *L2* por los telescopios *Herschel*, *Plank* y *GAIA* de la Agencia Espacial Europea y en un futuro próximo, por el telescopio *James Web*, sucesor del *Hubble*.

Se han propuesto otros usos para los puntos de libración, por ejemplo, como repositorios para la basura espacial, pero podríamos pensar en otros escenarios más lúdicos y divertidos. Basta imaginar una nave aparcada en el punto *L1* del sistema Júpiter Io. Por las ventanillas de un lado, el viajero podría contemplar la magnificencia del planeta como hasta ahora sólo la nave *Juno* ha podido verla y por las del opuesto, el espectáculo extraordinario de los volcanes activos del satélite. Así, los puntos que hace 250 años eran apenas un divertimento matemático y hoy son una ayuda en exploración del espacio y del cosmos, se convertirían en un fondeadero para las naves repletas de turistas que quieren ver de cerca las maravillas de nuestro Sistema Solar.