

IR AL ESPACIO UNA INTRODUCCIÓN A LA ASTRONÁUTICA



El espacio exterior representa ese nuevo horizonte al que nos asomamos en nuestra época buscando ensanchar nuestras fronteras. Pero la mayoría no podemos viajar hasta él y nuestra experiencia de toda la vida no nos sirve para entender este nuevo ambiente, en el que la intuición nos engaña. Así, no es de extrañar que asumamos fácilmente la imagen deformada que sobre el espacio nos transmite a menudo el cine fantástico.

El 99 % de la masa de la atmósfera de nuestro planeta se extiende entre el suelo y unos 30 km de altura. Los fenómenos meteorológicos, incluyendo el color azul del cielo, suceden ahí. De hecho, la mitad de todo el aire está situado tan sólo por debajo de los primeros 6 km, donde también se aloja la práctica totalidad de la vida. Más arriba, las condiciones raramente están en calma. La atmósfera está achatada debido a su rotación, y no termina abruptamente, sino que se diluye de manera exponencial con la altura. Además, se hincha y se deshinchaba debido al calentamiento diario y estacional, a los «tirones» gravitatorios del Sol y la Luna y a las variaciones cíclicas en la radiación solar, por lo que resulta problemá-

tico establecer de modo inequívoco dónde empieza propiamente el espacio. El límite es tan difuso que a pocos cientos de kilómetros de altura se habla tanto de la atmósfera externa como del espacio cercano.

El camino al espacio

Aunque no está tan lejos, la dificultad en ir al espacio reside en que la distancia hasta él es en vertical, lo que implica un enorme gasto de energía para vencer el peso y proporcionar avance. Para ello no puede usarse el vuelo sustentado en el aire, pues por encima de 20 km empieza a ser difícilmente posible por su escasez. Algunos globos, rellenos de gases muy ligeros, pue-

den ascender más, por flotación, hasta los 40 km. Pero más arriba las leyes físicas que dominan el movimiento de un objeto empiezan a ser únicamente las de la astrodinámica.

La forma más directa de enviar algo al espacio es una trayectoria ascendente para salir rápidamente de la baja atmósfera (eso sí, con una velocidad de varios kilómetros *por segundo*). Después, el rozamiento del aire es tan tenue que se puede interrumpir el empuje y seguir subiendo por inercia, mientras se es continuamente frenado por la atracción terrestre, que acaba por detener el movimiento de ascensión y precipitar la caída, describiéndose un inmenso arco balístico.

La exploración del espacio ya había comenzado diez años antes de lanzarse el *Sputnik*

La única manera de poderse quedar en el espacio es no dejar de moverse

Después sobreviene el reingreso en la atmósfera, también con un frenado progresivo, pero esta vez debido al rozamiento con el aire, que es cada vez más denso, al contrario que en la subida. Si el objeto lanzado no está preparado con una forma aerodinámica y un recubrimiento resistente puede destruirse debido al calor que se genera.

Desde mediados de los años cuarenta la tecnología de cohetes hizo factibles estas incursiones en el espacio. Por ello, la exploración de sus características y de sus efectos sobre los seres vivos ya había comenzado más de diez años antes del lanzamiento del primer satélite artificial. Este método se usa aún para llevar al espacio algunos instrumentos o experimentos automáticos, por ser mucho más barato y rápido de preparar, además de resultar imprescindible para realizar medidas in situ entre la altura máxima alcanzable con globos y la altura mínima posible para un satélite. A cambio, el tiempo de permanencia en el espacio es breve, de unos 10 ó 20 minutos.

Las órbitas

En el espacio no se puede permanecer sin más, no hay una superficie en la que estar. Inmediatamente se empieza a caer, igual que en la Tierra si perdemos el apoyo. La fuerza de atracción ha disminuido, aunque no tanto como pueda creerse (de $9,8 \text{ m/s}^2$ a nivel del mar a $9,2 \text{ m/s}^2$ a 200 km de altura). Así que la única manera de poderse quedar allí es no dejar de moverse, aunque de un modo particular.

Si prescindimos del rozamiento

del aire y nos dedicamos a tirar piedras desde una montaña, al soltarlas caerán en vertical al suelo. Si las tiramos horizontalmente describirán una trayectoria descendente, recorriendo una determinada distancia, en función de nuestro impulso. Pero si fuéramos capaces de lanzar piedras a miles de kilómetros, como la Tierra es esférica, conforme las piedras descendieran también la superficie se iría curvando apreciablemente por debajo y las piedras tardarían aún más en dar contra el suelo.

Llegaría un momento en que daríamos a una de ellas una velocidad tal que su ritmo de caída sería igual al ritmo de curvatura de la superficie. Esa piedra, en realidad, nunca llegaría a «caer», sino que se mantendría siempre a la misma altura con respecto al suelo, y con la misma velocidad que le dimos al lanzarla. Al cabo de una hora y veintitantos minutos volvería a aparecer por detrás nuestra, completaría una vuelta y continuaría así indefinidamente, si nada le estorbara en su camino. Diríamos que nuestra piedra se encuentra «en órbita» circular y que se ha convertido en un «satélite» de nuestro planeta.

Por supuesto, esto no es posible a alturas relativamente pequeñas, pues las velocidades necesarias resultan ser de casi 8 km/s (unos 28.800 km/h) y la atmósfera frenaría la piedra y la destruiría por calentamiento. Por eso no se ponen satélites por debajo de unos 150 km de altitud, y aun en ese caso son fuertemente frenados y forzados a ir perdiendo altura en cuestión de días, describiendo una órbita espiral hasta que vuelven a entrar en la atmósfera baja.



→ Lanzamiento del cohete balístico Maxus 4 desde el norte de Suecia en 2001. La carga útil se recuperará en paracaídas a 80 km de la base. ESA/ESRANGE/Lars Thulin

Dado que no hay montañas tan altas, para poner un satélite de verdad normalmente se despega en vertical y se va curvando la trayectoria hasta ponerla horizontal a la altura buscada. Entonces se da el último impulso necesario para la puesta en órbita, tras lo cual el movimiento se mantiene solo. Afortunadamente, un satélite ya tiene ganada una velocidad nada despreciable debido a la propia rotación de nuestro planeta, hasta unos $0,5 \text{ km/s}$ si es desde el ecuador. Por ello la mayoría de los satélites «circulan» de oeste a este.

Una órbita circular implica un margen de error muy pequeño, de modo que si la velocidad alcanzada es menor que la requerida, la trayectoria se queda en un largo vuelo ⇒



→ Aurora sobre Canadá captada desde la Estación Espacial Internacional. En ocasiones los astronautas pasan a su través. NASA

balístico. Pero si es mayor, lo que se puede obtener son distintas órbitas de forma elíptica que pasan por el mismo punto, una característica para cada velocidad. Las órbitas elípticas tienen una zona de mayor acercamiento a la Tierra (llamada el perigeo) y otra de mayor alejamiento (el apogeo) donde el satélite va más lento. Cuanto mayor es la velocidad inicial tanto más alargada es la elipse que resulta, hasta unos 11 km/s, en que la órbita es tan larga-

o de telecomunicaciones. Gracias a esta órbita podemos fijar nuestras antenas parabólicas en las fachadas y tejados sin miedo a perder la señal de televisión, a pesar de que el satélite no cesa de moverse a unos 3 km/s.

El medio espacial

El espacio es un lugar inhóspito y de fuertes contrastes, lo que dificulta su habitabilidad. En primer lugar, se encuentra prácticamente vacío, por lo que es necesario permanecer a bordo de naves, estaciones o trajes de astronauta, donde se mantiene un ambiente artificial presurizado y respirable. La inexistencia de aire facilita que entre metales puestos en contacto se establezcan enlaces moleculares, ocasionando soldaduras espontáneas que pueden bloquear los mecanismos. Los lubricantes no ayudan, pues en vacío

meteoroides, que originan bonitas estrellas fugaces al chocar con la atmósfera, pero que causan desgaste y daños en ventanillas, paneles e instrumentos de los vehículos espaciales expuestos mucho tiempo a la intemperie espacial.

El Sol sale con rapidez si se está en órbita, una vez por cada vuelta a la Tierra, y se pone otras tantas veces. Su luz directa es mucho más cegadora, y al no difundirse apenas por el ambiente, las sombras pueden ser realmente intensas, sólo mitigadas por la luz devuelta desde la Tierra. Por eso, filtros y linternas son necesarios por igual. Dado que tampoco el calor puede distribuirse por el espacio mediante convección o conducción, en el lado iluminado de un objeto la temperatura se hace

La Estación Espacial Internacional requiere un frecuente y costoso ajuste orbital para no caer

da que el objeto ya no se convierte en un satélite terrestre, sino que escapa de la Tierra y acaba como satélite del Sol. A partir de unos 17 km/s ni siquiera el Sol logra retenerlo, y el objeto es capaz de escapar sin retorno.

Existe un órbita circular particularmente interesante allí donde un satélite tarda en dar una vuelta lo mismo que tarda la propia Tierra, es decir, un día. De este modo, visto desde la Tierra, es como si el satélite estuviera quieto en el cielo, y por ello recibe el nombre de «órbita geoestacionaria». Esto sucede a unos 36.000 km de altura, y tiene importantes aplicaciones para satélites que necesitan estar siempre sobre el mismo lado de la Tierra, como algunos meteorológicos

terminan por sublimarse y desaparecer. Otra consecuencia del vacío es que el sonido no se transmite por el espacio.

Desprovistos del resguardo de la atmósfera, se está también expuesto a los rayos ultravioleta y a otras radiaciones de origen cósmico perjudiciales para máquinas y seres vivos, como el viento solar, que se pone de manifiesto cuando impacta contra los átomos de la alta atmósfera. Estos se calientan y brillan por el exceso de energía ganado, «pintando» y haciendo visible el espacio con colores característicos de los distintos elementos.

Por el espacio circulan además a gran velocidad una infinidad de

muy elevada por la radiación desde el Sol, mientras que en el lado en sombra desciende a temperaturas gélidas. Se suele alternar la orientación de las naves para no someterlas de continuo a ninguno de los dos extremos.

Existe, de todos modos, suficiente gas como para comprometer por el rozamiento la vida de los satélites cuyas órbitas (o parte de ellas) estén a menos de unos 1.000 km. El proceso es inexorable, aunque hagan falta muchos años para ello. A distancias de unos 500 km ya sucede en cuestión de pocos años, dependiendo del tamaño, forma y masa del satélite. Por regla general, a unos 600 km de altura se pierde un metro por



→ Bola de agua ingrávida ante el astronauta Leroy Chiao, en la 10ª expedición a la *Estación Espacial Internacional*. NASA

cada vuelta al planeta, a unos 400 km se desciende una docena de metros y a unos 200 km ya se pierde una decena de metros por órbita. Cualquier base tripulada en el espacio cercano, como la *Estación Espacial Internacional*, requiere por tanto un frecuente –y costoso– ajuste de su órbita para no caer con el tiempo.

La microgravedad

En el espacio las nociones de «arriba» y «abajo» se desvanecen y se convierten en un asunto de pura convención. Sin embargo, esto no es una característica inherente al medio ambiente espacial sino una consecuencia de un estado de movimiento. La ingravidez se experimenta también en cualquier situación de elevación con caída libre, cuando la inercia de la ascensión compensa el peso durante unos minutos o momentos, como en vuelos balísticos o parabólicos, vuelos con turbulencias, badenes de la carretera, ascensores o atracciones de feria.

En una órbita esta falta de peso se experimenta indefinidamente, pues la atracción gravitatoria

se encuentra continuamente equilibrada por la fuerza centrífuga de la rotación en torno a la Tierra. Como en realidad existen minúsculas aceleraciones debidas a la excentricidad de la órbita, al rozamiento externo, a las maniobras del vehículo y a vibraciones originadas por aparatos o por las personas, se prefiere denominar a este fenómeno como «microgravedad».

En cualquier caso, en el espacio la gravedad no desaparece sino que, al estar en órbita, sus efectos se compensan, y dado que todo lo que ocurre en la Tierra se encuentra sometido a la influencia de la gravedad, ello resulta de gran interés para facilitar la observación de fenómenos más sutiles que se enmascaran o se entorpecen por la acción de esta fuerza. En condiciones de microgravedad se consigue mucha más eficacia en los procesos de cristalización, mezcla o separación de compuestos, tanto orgánicos como inorgánicos, razón por la que los laboratorios espaciales son de gran utilidad para la investigación biológica, médica y de materiales, y –aunque todavía no a escala productiva–

Las nociones de «arriba» y «abajo» se convierten en un asunto de pura convención

también en metalurgia, farmacia y electrónica.

Al lado de estas ventajas, la ausencia de peso es, junto a la irradiación, la principal dificultad para la permanencia prolongada de personas en el espacio. Los procesos imprescindibles para el desarrollo de la vida, como la respiración, la digestión y eliminación de residuos, la circulación interna de fluidos, etc., son perfectamente posibles en órbita y el organismo se reajusta a la nueva situación tras algunos trastornos iniciales. Los mayores problemas consisten en desorientación, mareos y una progresiva descalcificación de los huesos y pérdida de masa muscular, como consecuencia de su poca utilización. Se produce también una redistribución de los líquidos, que tienden a acumularse en la parte alta del organismo, causando hinchazón en la cara, congestión y dolores de cabeza. Se modifican incluso ligeramente la estatura, el timbre de voz, o el gusto y el olfato. Pero con dieta y régimen de ejercicio adecuados una persona puede mantenerse con salud en el espacio durante muchos meses. Afortunadamente, todo ello parece resultar reversible al regreso a la Tierra, tras un periodo de recuperación proporcional al transcurrido en el espacio. ■

Carlos Herranz es físico y responsable del Área de Comunicación del COFIS.