

El Universo en el que vivimos

Juan José Rivera Castro

Agencia Espacial Europea (ESA)

El planeta Tierra presenta las condiciones necesarias para albergar vida de forma estable. La Tierra reúne una serie de excepcionales condiciones físicas, químicas y astronómicas que han hecho posible la aparición y evolución de organismos vivos. Entre ellos destacan la presencia permanente de agua líquida, una atmósfera rica en nitrógeno y oxígeno, un campo magnético protector y una ubicación óptima dentro de la zona habitable del Sistema Solar. Los planetas más próximos a la Tierra, Venus y Marte, presentan condiciones no óptimas para el desarrollo de la vida. Venus, a pesar de poseer dimensiones similares a la Tierra, presenta temperaturas extremas, superiores a los 460°C, una atmósfera densa dominada por dióxido de carbono y lluvia de ácido sulfúrico que impiden el desarrollo de la vida tal como la conocemos. Por otro lado, Marte es un desierto helado que muestra evidencias de haber albergado agua en el pasado, pero su atmósfera tenue y las bajas temperaturas de hasta -129°C limitan significativamente su habitabilidad.

La Tierra parece situarse en un Universo en calma, pero esto no es así. Un punto sobre el Ecuador terrestre gira a una velocidad de 1670 km/hora. La Tierra orbita el Sol a 107 000 km/hora. Y el Sistema Solar se mueve a través de la Vía Láctea a 790 000 km/hora.

Las radiaciones solares, otras radiaciones espaciales o el paso de asteroides por nuestro sistema solar son fenómenos naturales que pueden afectar las condiciones relativamente estables y seguras de la Tierra dentro del entorno espacial inhóspito en el que nos situamos.

El Programa de Seguridad Espacial

El Programa de Seguridad Espacial de la Agencia Espacial Europea (ESA) constituye una iniciativa integral orientada a proteger a la población, a los astronautas y a las infraestructuras terrestres y orbitales frente a riesgos procedentes del entorno espacial.

El programa aborda cuatro ámbitos fundamentales: la defensa planetaria frente a asteroides potencialmente peligrosos, la mitigación de los efectos del clima espacial generado por la actividad solar, la gestión sostenible del creciente problema de los desechos espaciales y la promoción de modelos de exploración y utilización del espacio basados en principios de sostenibilidad a largo plazo. Estas líneas de actuación combinan capacidades científicas, tecnológicas y operativas, cuyo objetivo es garantizar el uso seguro y responsable del espacio exterior.

Defensa planetaria frente a asteroides cercanos a la Tierra

La protección frente a objetos cercanos a la Tierra (Near-Earth Objects, NEOs) constituye una de las prioridades estratégicas de la ESA. La agencia participa activamente en el desarrollo de un sistema global de defensa planetaria capaz de detectar con antelación cuerpos potencialmente peligrosos y, en determinados escenarios, modificar su trayectoria para evitar impactos contra la Tierra.

La primera línea de defensa se basa en la observación y detección temprana. Para ello, la ESA está desplegando una red de telescopios Flyeye, diseñada para monitorizar de forma continua el cielo nocturno y detectar automáticamente objetos con riesgo potencial de impacto. Complementariamente, la misión espacial Neomir permitirá observar regiones próximas al Sol desde el espacio, superando una de las principales limitaciones de los observatorios terrestres. Este enfoque resulta especialmente relevante tras episodios como el evento de Chelyabinsk de 2013, cuando un objeto procedente de la dirección solar impactó sin haber sido detectado previamente.

La evaluación del riesgo asociado a estos cuerpos se centraliza en el Centro de Coordinación de Objetos Cercanos a la Tierra (NEOCC), que integra observaciones procedentes de múltiples fuentes europeas para calcular órbitas, monitorizar riesgos de impacto y proporcionar información a organismos de protección civil y agencias internacionales. Esta infraestructura forma parte de una red global de vigilancia coordinada con organismos internacionales dedicados a la alerta temprana y la planificación de respuestas ante amenazas potenciales.

Más allá de la detección, la ESA trabaja en tecnologías de mitigación mediante la desviación de asteroides. La misión Hera representa un hito en este ámbito al evaluar los resultados del experimento DART de la NASA, que demostró la posibilidad de alterar la órbita de un asteroide mediante impacto cinético. Asimismo, la futura misión Ramses estudiará de cerca el asteroide Apophis durante su excepcional aproximación a la Tierra en 2029, proporcionando datos esenciales para futuras estrategias de defensa planetaria (Fig. 1).



Figura 1. Misión espacial Ramses ESA dirigiéndose hacia el asteroide Apophis.

Vigilancia y mitigación de los efectos del clima espacial

Otra amenaza significativa para la infraestructura tecnológica actual proviene de la actividad solar. Las tormentas solares y otros fenómenos asociados al clima espacial pueden afectar gravemente a satélites, redes eléctricas, sistemas de navegación y telecomunicaciones, generando un importante impacto económico y operativo.

La estrategia de la ESA se fundamenta en el desarrollo de capacidades europeas independientes para la monitorización y predicción del clima espacial. A través de la Red de Servicios de Clima Espacial, la agencia proporciona información operativa destinada a sectores críticos, permitiendo anticipar perturbaciones y adoptar medidas preventivas.

La recopilación de datos constituye un elemento esencial para mejorar la precisión de los modelos predictivos. Diversas misiones científicas observan actualmente el Sol y la interacción de su actividad con la magnetosfera terrestre. Sin embargo, la ESA considera necesario complementar estas observaciones con misiones específicamente diseñadas para fines operativos que interactúen con sistemas de control de satélites u otros sistemas tecnológicos terrestres.

En este contexto destaca la misión Vigil (Fig. 2), concebida para proporcionar observaciones continuas desde el espacio profundo y mejorar significativamente la capacidad de anticipar eventos solares peligrosos. Gracias a estas alertas tempranas, los operadores de satélites, redes eléctricas y sistemas de telecomunicaciones podrán implementar medidas de protección antes de que se produzcan los efectos más severos de una tormenta geomagnética. Otras iniciativas, como la misión Aurora y los sistemas distribuidos de nanosatélites, ampliarán el área de cobertura observable en el entorno espacial próximo a la Tierra.



Figura 2. Impresión artística de la misión Vigil de observación solar.

El desafío de los desechos espaciales y la gestión del tráfico orbital

A diferencia de los asteroides o las tormentas solares, los desechos espaciales constituyen una amenaza creada por la propia actividad humana. Millones de fragmentos de satélites, etapas de lanzamiento y otros objetos no operativos orbitan actualmente alrededor de la Tierra, incrementando el riesgo de colisiones y comprometiendo la utilización futura de determinadas regiones orbitales (Fig. 3).

La ESA realiza un seguimiento sistemático de esta problemática mediante la publicación anual del informe sobre el entorno espacial, documento que evalúa la evolución de los residuos espaciales y la eficacia de las medidas de mitigación implementadas por la comunidad internacional.

El aumento del número de satélites y la proliferación de mega-constelaciones han convertido la gestión del tráfico espacial en un área prioritaria. La creciente probabilidad de posibles colisiones exige niveles elevados de automatización para garantizar la seguridad en las operaciones de satélites. En esta línea, la misión Cream demostrará tecnologías de prevención autónoma de colisiones capaces de tomar decisiones operativas en tiempo real y realizar maniobras de evasión automáticas.

Con el objetivo de avanzar hacia un entorno orbital más sostenible, la ESA impulsa la iniciativa «Zero Debris» (Basura Cero), orientada a minimizar la generación de nuevos residuos y fomentar estándares más exigentes para las futuras misiones espaciales. Este esfuerzo se materializa en la «Zero Debris Charter» (Carta de Basura Cero), una iniciativa colaborativa que reúne a entidades institucionales, industriales y científicas comprometidas con la sostenibilidad espacial.

La innovación tecnológica desempeña un papel central en esta estrategia. La misión ClearSpace-1 pretende convertirse en la primera operación de retirada activa de un objeto espacial no cooperativo, demostrando tecnologías de aproximación orbital y posterior captura. Del mismo modo, la misión RISE desarrollará soluciones de servicio en órbita a satélites cerca del final de su vida útil. Además, diversas plataformas de satélites de nueva generación incorporarán diseños compatibles con los principios de «Zero Debris». Otras iniciativas incluyen sistemas de desorbitado controlado, interfaces estandarizadas para la recuperación de satélites incapacitados y misiones destinadas a estudiar científicamente los procesos de reentrada atmosférica.

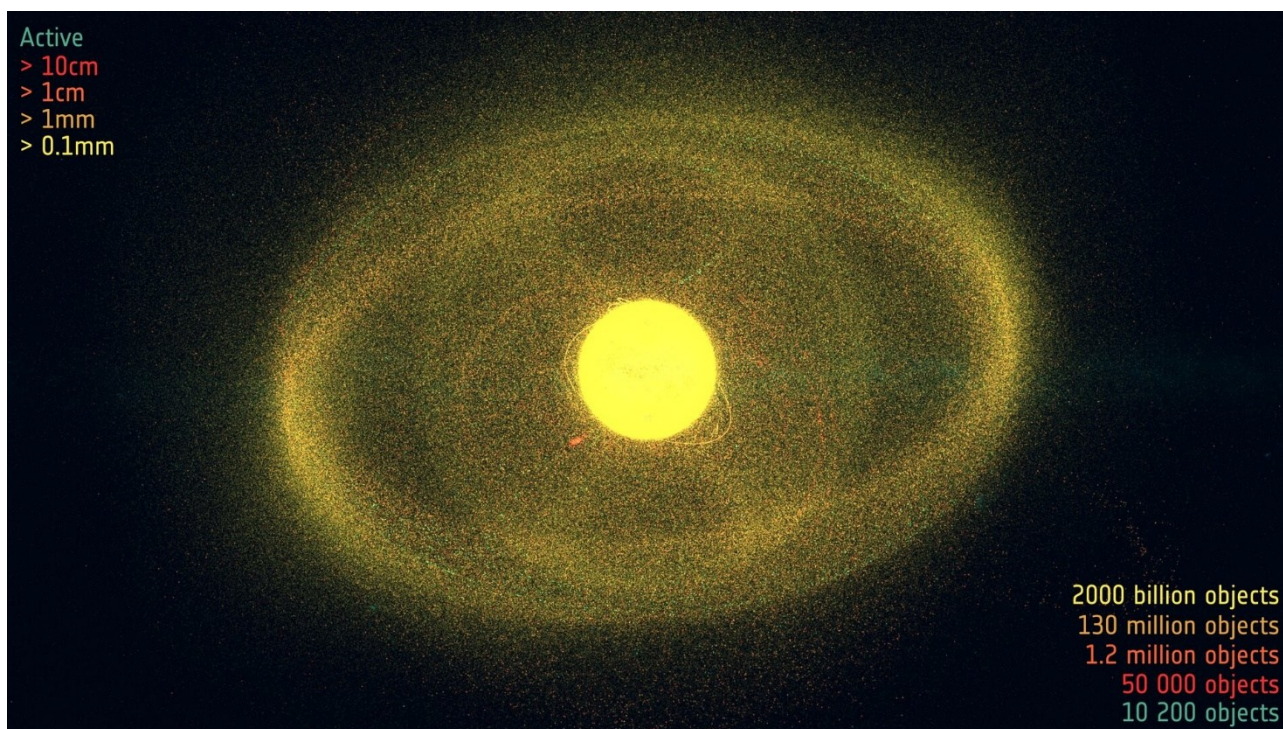


Figura 3. Modelo de distribución de basura espacial alrededor de la Tierra.

Hacia un modelo sostenible de actividad espacial

La visión de la ESA trasciende la mera mitigación de riesgos y plantea una transformación profunda de la economía espacial. El objetivo final consiste en evolucionar desde un modelo basado en satélites de uso único hacia una economía circular en el espacio.

Este paradigma implica desarrollar capacidades de mantenimiento, repostaje, actualización y reciclaje de satélites directamente en órbita, prolongando significativamente su vida útil y reduciendo la generación de residuos. Los futuros sistemas espaciales deberán incorporar diseños modulares e interfaces estandarizadas que faciliten operaciones de servicio y sustitución de componentes.

La sostenibilidad abarca todas las fases de desarrollo de los sistemas espaciales, desde su diseño, fabricación, operación y fase final de su vida útil. Por ello, la ESA promueve metodologías de ecodiseño basadas en el análisis completo del ciclo de vida de los satélites, proporcionando herramientas que permiten a la industria europea evaluar y reducir su impacto ambiental.

Conclusiones

La habitabilidad de la Tierra es el resultado de una combinación excepcional de condiciones que han permitido el desarrollo de la vida. Sin embargo, estas condiciones existen en un entorno espacial dinámico y potencialmente hostil, expuesto a amenazas naturales como la radiación solar y los asteroides con trayectorias cercanas a la Tierra. En este contexto, iniciativas como el Programa de Seguridad Espacial de la ESA desempeñan un papel fundamental al reforzar la protección de nuestro

planeta y de las infraestructuras tanto terrestres como espaciales, además de contribuir a garantizar una utilización segura y sostenible del espacio para las generaciones presentes y futuras.

Bibliografía

- ESA (2025). *ESA's Space Safety Programme. Protection from hazards originating in space*. The European Space Agency. https://esamultimedia.esa.int/docs/spacesafety/Space_Safety_Brochure_CM25.pdf
- ESA (2026). *Space Safety*. The European Space Agency. https://www.esa.int/Space_Safety/
- Cano, J.L. (2025). ¿Cómo nos defienden las agencias espaciales de los asteroides? *Astronomía*, 311.
- Cano, J.L. (2026). Defensa planetaria. *Astronomía*, 320, 24-31.
- Glover, A., Heil, M., Kraft, S. y Luntama, J.P. (2026). Space Weather Within ESA's Space Safety Programme. In: *Proceedings of the United Nations/Germany Workshop on the International Space Weather Initiative. ISWI 2024* (Gopalswamy, N., Banyś, D. y Gadimova, S., eds.), Springer, Singapur, Springer Proceedings in Physics, 431, 275-284. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-95-1121-1_31

Para citar este artículo:

Rivera Castro, J.J. (2026). El Universo en el que vivimos. *GeoLaciana 2026*, artículo 4.