27/11/2018

Zombies espaciales

TXT JUAN CRUZ GONZÁLEZ ALLONCA, MARIA CECILIA VALENTI
IMG FERNANDO NIEVAS

¿Qué pasa si seguimos juntando basura en el Espacio? ¿Los satélites muertos acabarán con nosotros?

Desde el comienzo de la Era Espacial, con el lanzamiento del Sputnik 1 en 1957, la humanidad no paró de dejar su marca en el Espacio. Por un lado, sondas que recorren cada vez más rincones del Sistema Solar. Por el otro, una inmensa cantidad de basura orbitando la Tierra. Lo primero está divino y forma parte de nuestra naturaleza curiosa y expansiva. Pero lo segundo, una masa de escombros fuera de control alrededor de nuestro planeta, llegó al punto de representar una amenaza tanto para las misiones espaciales como para los satélites de los que depende nuestra vida diaria.

De todo anda flotando por nuestro cielo: satélites en desuso, cohetes propulsores, secciones de cohetes usados u otros vehículos de lanzamiento, fragmentos resultantes de colisiones. **Se estima que en la actualidad hay millones de desechos que a veces pueden ser tan pequeños como un grano de café, pero letales a velocidades orbitales** (27.000 km/h). Unos 600.000 de ellos tienen el tamaño de una moneda y cerca de 20.000 son más grandes que una lata de cerveza. La mayoría de estos objetos ya no están bajo control y se clasifican como basura o desechos espaciales, que es el término que recibe todo aquello creado por la humanidad y que no tiene ningún propósito útil en el Espacio. ¿Cómo se ven en tiempo real todos estos objetos en órbita? Así (atención: están a punto de ver escenas de basura espacial explícita): http://stuffin.space/

Los satélites activos pueden ser maniobrados para evitar colisiones, pero ¿qué pasa con los satélites muertos? Quedan flotando a la deriva por décadas, con cada vez más posibilidades de chocar a otros. Cual zombie que, si nos muerde, automáticamente nos convertimos en uno, lo mismo pasa en el Espacio: si un satélite-zombi (o sea muerto pero que sigue vagando por ahí) golpea a un satélite activo, lo transforma en uno de ellos.

Existe un grado de conciencia (quizá no suficiente) sobre la preservación del medio ambiente en la Tierra; estamos cada vez más atentos a emanaciones de gases tóxicos, deforestación, contaminación del agua y glaciares, etc. Pero **aún no somos conscientes de que el Espacio tiene su propio depósito de basura, y que poco a poco lo estamos saturando**.

¿Y a mí qué? Yo no uso el Espacio ¯_(⊠)_/¯

Solemos imaginar al Espacio como un lugar vasto, inmenso, gigante, infinito punto rojo, donde hay lugar para cualquier cosa o persona, pero lo cierto es que para la humanidad sólo son de utilidad unas pocas regiones.

Lanzamos satélites a distintas alturas dependiendo cuál sea su uso. En la actualidad, las **órbitas bajas**, **o LEO (*Low Earth Orbit*)**, con alturas desde los 200 a los 2000 km, son las más pobladas, y albergan a casi el 70% de los objetos

catalogados. **Allí se encuentran la Estación Espacial Internacional, la mayoría de los satélites meteorológicos y los de observación de la Tierra**.

Otro lugar al que enviamos satélites es la **órbita geoestacionaria** (GEO), también conocida como 'Cinturón de Clarke' en honor al autor de ciencia ficción Arthur Clarke, que fue el primero en postular las ventajas de esa órbita: dado que se encuentra a una altitud de 35.786 km e idealmente sin inclinación, es decir en el plano del Ecuador, **permite que los satélites allí ubicados orbiten a la misma velocidad de rotación de la Tierra, garantizando así que apunten siempre a la misma región del planeta**. Allí se ubican nuestros queridos **ARSAT** I y II, lo que permite brindar servicios de telecomunicaciones o emisión televisiva. A diferencia de los satélites LEO, los geoestacionarios pueden permanecer allí por siglos, si no se los traslada a otro sitio. En general, **cuanto mayor sea la altitud, más tiempo permanecerán los restos orbitales en el Espacio**. En órbitas inferiores a 600 km vuelven a la Tierra en 80 años. Sin embargo, a altitudes de 800 km, el reingreso a la atmósfera demora siglos y, por encima de los 1000 km, no se espera que los zombis espaciales caigan de nuevo a la Tierra antes de los 1000 años.

O sea que, de los cientos de miles de objetos hechos por el ser humano que orbitan alrededor de la Tierra, aproximadamente 1500 son satélites en funcionamiento. El resto es basura: **un 94% de los objetos en órbita son basura**.

Debido a esa enorme cantidad de desechos y el peligro que representan, **nuestras órbitas se están acercando a un punto de saturación que amenaza la capacidad de realizar actividades en el espacio**. Y aunque la mayoría de las personas no piensa en esto cuando usa Internet o ve la tele, lo cierto es que **gran parte de nuestras actividades diarias dependen directa o indirectamente de la tecnología satelital**, ya sea al mandar un mail, realizar una transacción bancaria, una llamada telefónica o buscar una calle en el GPS.

Tamaño del desecho	Efecto

	Daño significativo en sensores sensibles.
	(Las ventanas del transbordador requieren recambio)
	Corta ataduras, anclajes y cables.
100 µm	Penetración de las multicapas de aislación (MLI)
	Penetración de las paredes con grosores de 300 a 500 µm.
	Penetración de los tubos de calefacción y radiadores.
	Penetración de celdas solares.
	Cráteres y perforaciones de 2 mm a 1 cm de diámetro dependiendo del tipo del material y el grosor.
1 mm	Penetración de las paredes con grosores de 3-5 mm.
	Daño del equipamiento detrás de las paredes.
	Penetración de tanques y cables externos.
1 cm	Destrucción total del satélite o del subsistema impactado. Interferencia con observaciones astronómicas.
1 m	Partes sólidas de la plataforma pueden sobrevivir y reingresar a la atmósfera, incluso alcanzando la superficie.

*Poderoso el chiquitín: efecto en la misión operativa por el impacto con un desecho según su tamaño. Extraído de IADC 08/03, Versión 2.1, abril 2013. * Micrón (µm) es una unidad de longitud equivalente a la milésima parte de un milímetro.*

Todo bien con el pánico galáctico, pero a priori parecería una preocupación medio *space people problems*: ¿no tenemos suficiente lío en la Tierra como para andar pensando en estas cosas? ¿No deberíamos preocuparnos primero por la basura en el mar o la emanación de gases tóxicos? El tema es que, al menos por ahora, no andamos por el Espacio cercano de paseo, sino que **en general mandamos cosas para estudiar o solucionar problemas de la Tierra**. Utilizamos el Espacio para monitorear el medioambiente, la sobreexplotación de los recursos naturales y la gestión de los desastres naturales; también la deforestación de selvas y bosques, la gestión del tráfico, etc. Un ejemplo cercano es el de la NASA, que se especializa en algo llamado Epidemiología Panorámica (prevención de epidemias), que involucra el uso de información obtenida desde satélites para aplicarla en salud pública. Los

datos obtenidos pueden ser correlacionados, como sucede con ciertas variables meteorológicas (humedad del suelo, temperatura, etc.) para hacer predicciones o asociarlos con variaciones en los patrones de ciertas enfermedades y así generar mapas de riesgo para evitar posibles epidemias.

Las bondades que nos ofrece la tecnología espacial son muchas, y una de las más valiosas es mirarnos desde afuera a escala global. Sin ir más lejos (literalmente), el satélite argentino SAOCOM 1A, recientemente lanzado, cumplirá esa función haciendo estudios sobre la humedad del suelo para el seguimiento de la cobertura de agua durante inundaciones y las aplicaciones en agricultura, entre otras.

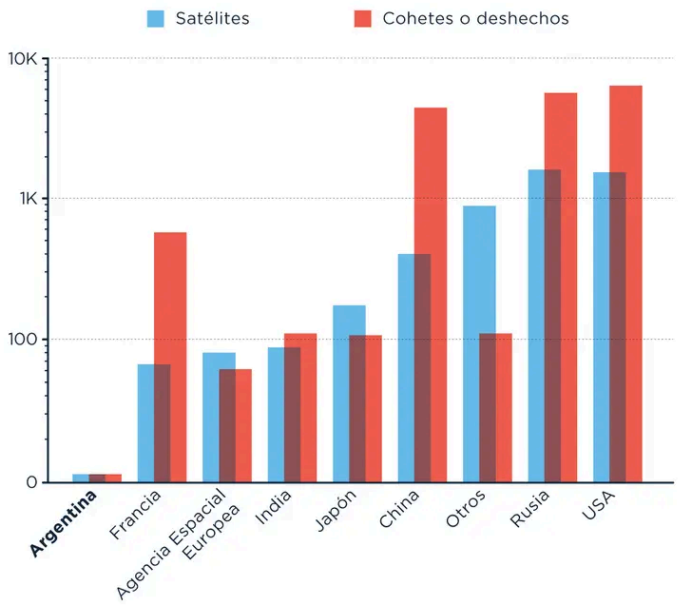
La caída

En torno a la basura espacial podemos mencionar tres grandes problemáticas:

Congestión de órbitas: se trata de la más crítica. Cada vez es más riesgoso poner objetos espaciales en órbita y el aumento de posibilidades de colisión genera un aumento en el costo de los seguros que poseen los satélites. Alrededor del 65% de la basura espacial procede de roturas, colisiones y explosiones de satélites o fases de cohetes que han ido sucediendo a lo largo de décadas. Teniendo esto en cuenta, existen dos cuestiones que fomentan la proliferación de objetos en órbita en el futuro. Por un lado, **la industria espacial ha cambiado la idea de generar grandes satélites, reemplazandolos por satélites pequeños que operen en constelaciones** o en lo que se conoce como 'arquitectura segmentada', es decir, utilizar varios satélites pequeños, cada uno con funciones complementarias que orbitan juntos. A su vez, el avance tecnológico y estos nuevos diseños de satélites pequeños ha disminuido significativamente el costo de las misiones, facilitando el acceso a nuevos sectores, como las universidades o las agencias de naciones con bajos presupuestos, democratizando de alguna manera el espacio.

País/Organización	Satélites	Cohetes o Desechos	Total
China	312	3652	3924
Rusia	1520	5069	6589
Agencia Espacial Europea	82	57	139

Francia	64	488	552
India	89	117	206
Japón	173	111	284
USA	1663	4737	6400
Otros	887	116	1003
TOTAL	4790	14347	19137



Campeonato mundial de cosas en el espacio.

Reingreso fuera de control a la Tierra: el problema no sólo se encuentra en el Espacio. Luego de 60 años de poner objetos en la órbita baja de la Tierra, muchos de ellos están reingresando al planeta. Se estima que **cada año una tonelada de esa basura sobrevive al tránsito por la atmósfera e impacta en la superficie**. Si bien imaginar que fragmentos de desechos caen sin control es preocupante, la mayoría de ellos se desintegra en la atmósfera. Los objetos de tamaño significativo que alcanzan la superficie son muy pocos, y en la mayoría de los casos caen en los océanos o en las superficies no habitadas del planeta. Así, aunque las estadísticas muestran que la posibilidad de ser alcanzado por un desecho espacial es mucho menor a la de ser alcanzado por un rayo, no podemos dejar de considerar esta situación que podría agravarse sustancialmente. Es por ello que las buenas

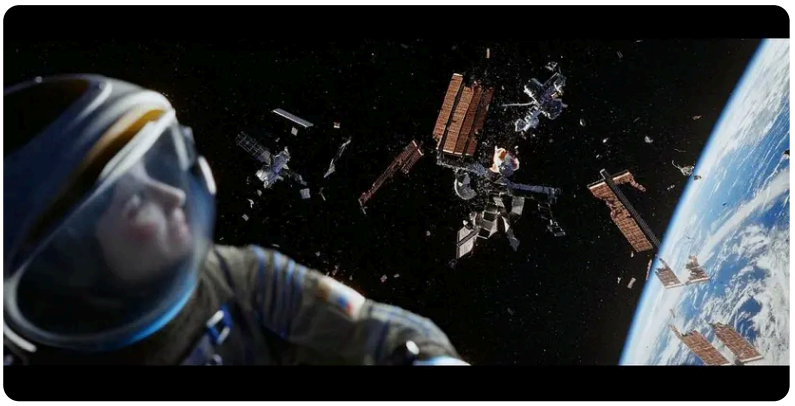
prácticas y los acuerdos internacionales fomentan la planificación de reingresos controlados una vez que las misiones finalizan su vida útil.

Reingreso del carguero espacial europeo ATV Julio Verne en 2008

Probabilidad de lluvias y desechos espaciales aislados.

El Síndrome de Kessler: definido en 1978 por el científico de la NASA, Donald J. Kessler, **esta teoría describe una colisión continua y en cascada de los desechos espaciales** existentes en la órbita LEO. Básicamente, es el cálculo que describe cómo dos objetos que colisionan en órbita generan más fragmentos que luego pueden chocar con otros objetos, que a su vez puede chocar con más objetos, generando **un efecto dominó de basura espacia**l. Nuevas investigaciones del *Orbital Debris Program Office* de la NASA indican que, aún deteniendo los lanzamientos de misiones futuras, de no tomar medidas que 'limpien' de alguna

manera los objetos ya existentes, los desechos probablemente seguirán incrementándose por varios años.



Ojo atrás, Sandra. (Gravity, 2017)

Basureros espaciales

Abordar el problema de los desechos espaciales implica una doble tarea. En primer lugar, se busca aplicar medidas de mitigación. Se trata de buenas prácticas que abarcan desde la reducción de desechos espaciales relacionados con las misiones y la prevención de desintegraciones, hasta procedimientos de '*deorbiting*' (quitar de órbita) al final de la vida útil de cada objeto lanzado para retirar sus desechos de las regiones en las que existen naves espaciales en funcionamiento.

Pero si bien la mitigación es una estrategia necesaria, un estudio de la *Orbital Debris Program Office* (Oficina del Programa de Desechos Espaciales) de la NASA concluyó que, debido al incremento exponencial de lanzamientos espaciales, sólo un esfuerzo de remediación activo, como eliminar de la órbita al menos cinco objetos grandes por año, mantendrá la situación constante durante los próximos 200 años. Para eso se busca implementar procedimientos de 'remediación' o remoción de los desechos existentes. Se han investigado distintas innovaciones tecnológicas, como por ejemplo juntar la basura con redes gigantes hasta enviarla fuera de la órbita de la Tierra usando poderosos imanes.

Una de las últimas propuestas sobre cómo podemos deshacernos de esta basura, o al menos hacerla más controlable, proviene de China, donde un equipo de investigadores ha ideado un plan para desviar los restos disparando pulsiones láser

de alta potencia a desde un satélite que vuela alrededor de la Tierra. Star Wars ft. CEAMSE.

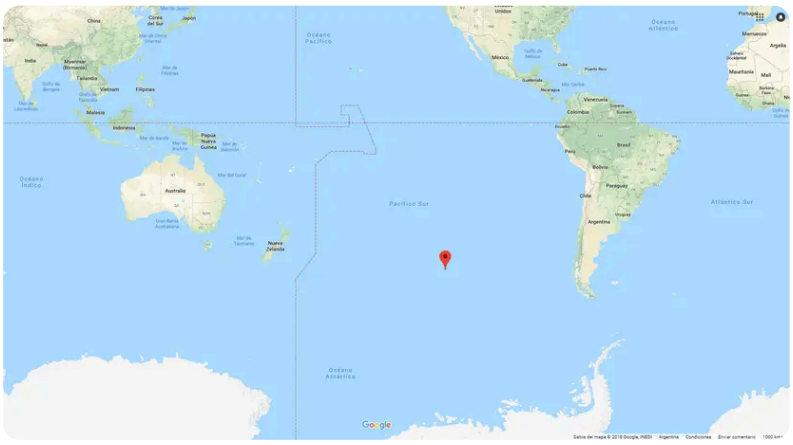
Otra solución es enviar una nave espacial que arrojará una red y disparará un arpón contra los zombis para remolcarlos hacia la atmósfera terrestre. Parece Moby Dick en el Espacio pero es una posibilidad real; se trata de una prueba de concepto conocida como *RemoveDEBRIS* desarrollada por el Centro Espacial Surrey en Inglaterra.

Al cielo

Más allá de todas estas propuestas, por ahora una de las formas más eficaces a corto plazo para combatir a los zombis espaciales es mediante la eliminación controlada de los satélites al final de su vida útil, esto es, llevarlos a las '**órbitas cementerio**'.

Es así que, dependiendo cual sea su ubicación, el destino varía. Para el caso de los satélites geoestacionarios (36.000 km de distancia), acercarlos a la Tierra es inviable, por eso su cementerio se ubica a unos 400 km por encima de esa altura, donde ya no estorban.

En cambio, para los satélites en órbita baja se busca modificar su altitud provocando que vuelvan a entrar en la atmósfera de forma controlada. **El lugar elegido de la superficie de la Tierra para que los objetos hagan impacto se llama Punto Nemo: es el sitio más remoto en la Tierra**; está ubicado en el pacífico sur, a unos 2700 km de cualquier zona poblada, y es considerado por las agencias espaciales el cementerio perfecto para enterrar zombis espaciales. Digamos que es una gran alfombra de agua en el medio del Pacífico donde esconder la basura.



Punto Nemo: cementerio de satélites en la superficie de la Tierra y potencial destino para enviar a la gente que nos cae mal sin tener que invocar innecesariamente a ninguna madre o hermana.

Para cualquiera de las dos acciones de '*deorbiting*', se les pide a los operadores satelitales que conserven una cuota de combustible antes de finalizar la vida útil, con el objetivo de realizar esas últimas maniobras.

Flojo de papeles

Por lejos, la ley del menor esfuerzo fue la más utilizada hasta ahora para regular la generación de basura en el Espacio. Si bien los desechos en órbita son uno de los principales problemas que tiene la comunidad internacional en relación al Espacio, aún no fue firmado ningún tratado que obligue a los Estados a deshacerse de basura espacial. Al momento existe una serie de directrices o recomendaciones internacionales que a menudo se ignoran ya que no son vinculantes para los países.

En términos legales, el problema más importante relacionado con la limpieza de los desechos espaciales lo encontramos en el Artículo VIII del Tratado del Espacio (principal tratado internacional sobre las actividades espaciales), que establece que **los objetos espaciales, incluidos los satélites fuera de servicio y otros desechos, siguen perteneciendo a los países que los lanzaron**. A su vez, en el derecho espacial no hay una figura jurídica como el derecho de salvamento, que permita cualquier acto de ayuda a un buque o sus restos que se encuentren en peligro o a la deriva. Esto significa que, aunque un satélite esté fuera de funcionamiento o abandonado, no se puede eliminar ni interferir su órbita de ninguna manera ya que conserva la jurisdicción del país de lanzamiento. Por esto, aún cuando se desarrollen mecanismos efectivos de limpieza en el futuro, el artículo VIII del Tratado del Espacio podría impedir que se pongan en práctica.

Por otro lado, el Convenio sobre la Responsabilidad Internacional por Daños Causados por Objetos Espaciales de 1972 no trata adecuadamente el problema de los desechos espaciales. Y lo que es más importante, la responsabilidad por daños causados por desechos espaciales no está clara. En virtud de este Convenio, los países son responsables del daño causado a otros vehículos espaciales sólo si actúan de forma negligente. Ahora bien, no existe un estándar aceptado para operar naves

espaciales de manera que se evite por completo la creación de nuevos desechos espaciales, por lo que demostrar que un operador actuó de manera negligente podría ser sumamente difícil. A su vez, **resultaría imposible determinar quién es el responsable final de una colisión de escombros, ya que es difícil establecer con certeza el origen de la mayoría de los desechos espaciales**.

Espacio público

Durante 60 años hemos usado el Espacio de forma poco sustentable, generando un entorno congestionado y peligroso. Hoy en día, a partir del avance tecnológico, es posible fabricar satélites más baratos y en el marco de proyectos que duran menor tiempo, lo que aumentará exponencialmente la cantidad de desechos en los próximos años.

Es hora de que las potencias espaciales, responsables en gran medida de generar estos desechos, se hagan cargo de los aspectos tecnológicos y financieros de las operaciones de remoción y mitigación y aporten sus conocimientos científicos a aquellos países con menor nivel de desarrollo espacial, con el fin de asegurar las medidas necesarias relativas al diseño de vehículos espaciales y a su eliminación al final de su vida útil. Pero no hay que reducir la solución a este problema sólo a una cuestión tecnológica sobre qué método es más eficaz para remover estos desechos; también deben contemplarse aspectos jurídicos que establezcan reglas para garantizar un uso racional y sustentable del espacio ultraterrestre en beneficio de toda la humanidad.

Nuestra vida cotidiana y nuestro futuro dependen de un lugar que creemos ajeno, distante e inaccesible. Aunque (con mucha razón) nos concentremos en cuidar y preservar nuestra querida Tierra, la amenaza que representa la basura espacial nos hace reflexionar sobre cuánto necesitamos también nuestro querido Espacio.

Referencias

Active Debris Removal and the Challenges for Environment Remediation By J.-C. LI OU NASA Orbital Debris Program Office, NASA Johnson Space Center, Houston, Texa s, USA

Kessler, Donald J.; Cour-Palais, Burton G. (1978) “Collision Frequency of Artificial Sa tellites: The Creation of a Debris Belt”, JGR, 83, pp.2637-2646.

Implications of. Ultra-Low-Cost. Access to Space. A Report of the. CSIS AEROSPACE S ECURITY PROJECT. MARCH 2017

Space Debris Mitigation Guidelines of the United Nations Committee on the Peacefu l Uses of Outer Space (UN COPUOS). Resolución AG 62/217, Diciembre 2007

Karacalioglu, A. G., & Stupl, J. (2016). The Impact of New Trends in Satellite Launche s on the Orbital Debris Environment.

Sumate en
eglc.ar/bancar