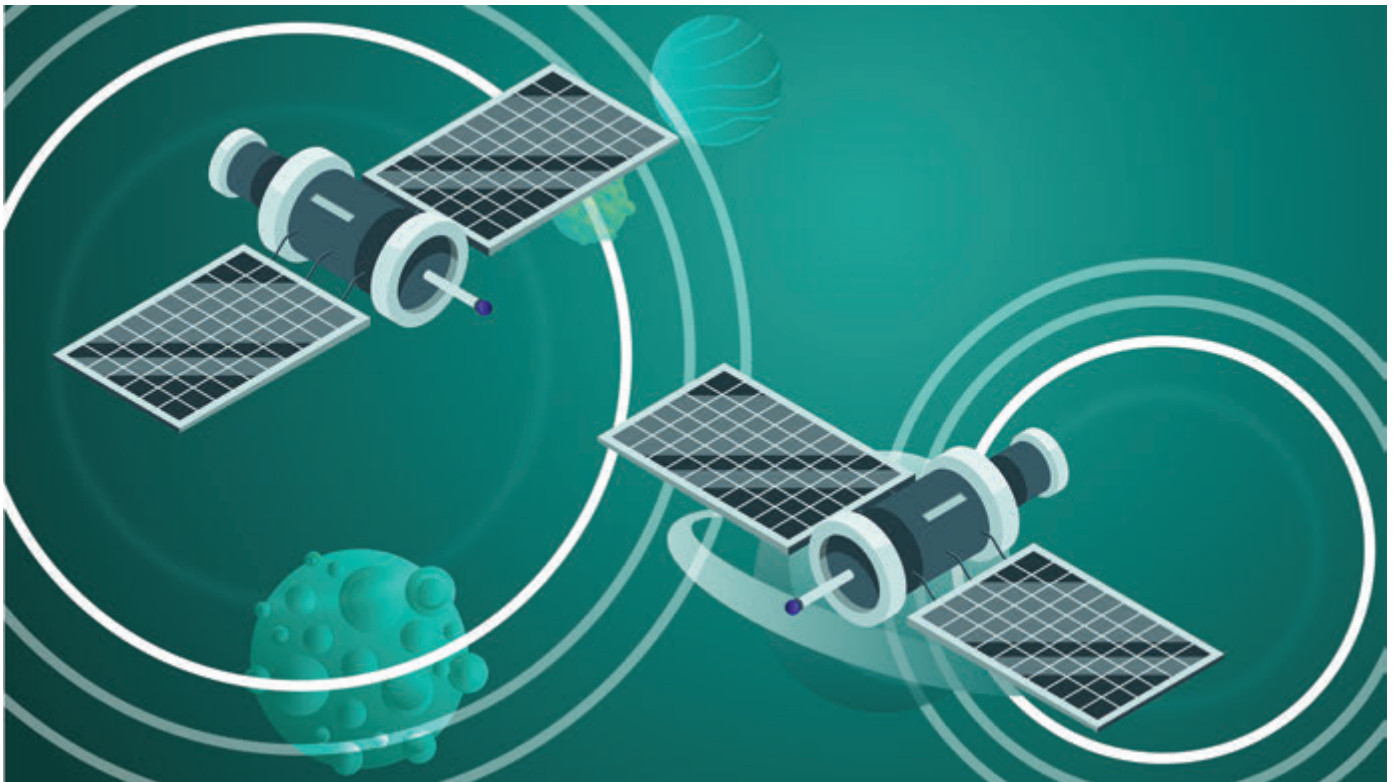


Capítulo **7** DATOS DE SATÉLITES PARA T O M A D E D E C I S I O N E S





7 DATOS DE SATÉLITES PARA T O M A D E D E C I S I O N E S

Explotación y procesado de datos de satélites de los grandes sistemas europeos Galileo y Copernicus

JULIO MIRAVALLS

“Si miras desde el espacio ves España, claro, pero no ves fronteras...”, dice Johann-Dietrich Wörner, director general de la Agencia Espacial Europea (ESA), cuyos programas de exploración, observación e investigación cubren ya un amplísimo abanico de actividades espaciales desde su posición de organismo público perteneciente a la Unión Europea, con aportaciones de los países miembros a los diferentes programas según sus propias decisiones. Y es, sin duda, una buena inversión. Según la ESA, cada euro invertido en tecnología espacial retorna una media de 6 euros a la economía global, teniendo además un impacto transversal en todos los sectores industriales y en nuestra sociedad.

A la actividad espacial de carácter institucional se le une ahora el *New Space*, iniciativas privadas que ven oportunidades, con sus propios desarrollos, para aprovechar las posibilidades de negocio del espacio. Un negocio que, hoy, se asienta sobre todo en el campo de las telecomunicaciones pero que emerge también con nuevas perspectivas en muchos otros sectores como la observación de la tierra o los pequeños lanzadores.

La filosofía del *New Space* es la rapidez de ejecución y ahorro de costes. Si falla un lanzamiento, si se pierde un satélite, se reemplaza de inmediato. Por eso todo debe ser barato. Un *low cost* sin astronautas por medio.

En los años inmediatos se multiplicarán las grandes constelaciones de satélites privados. Megaconstelaciones que van desde los 800 hasta 12.000 satélites, ofreciendo conectividad a internet de alta velocidad y

baja latencia en lugares con poca densidad de población donde, por costes, no tiene sentido esperar que llegue la conexión terrestre por fibra óptica.

Este acceso global a Internet de calidad facilitará el acceso a la educación y la transformación digital en todos los sectores de negocio. Por ejemplo, la agricultura de precisión, que, si ya en la actualidad usa información de clima, meteorología, agua y otros datos suministrados por satélites, con la disponibilidad de conexión rápida podrá incorporar a sus cultivos sensores en tiempo real en cualquier lugar del mundo. La disponibilidad de este grado de conectividad puede influir en una redefinición del reparto poblacional.

Junto a esa gran eclosión satelital comercial que emerge con el *New Space*, Europa dispone ya de dos infraestructuras de satélites que ofrecen otro ámbito de desarrollo y grandes posibilidades de negocio desde ahora mismo: los sistemas Galileo y Copernicus de la Unión Europea.

La constelación Galileo, operativa desde diciembre de 2016 y que está previsto sea completamente operacional en 2021, es el sistema de navegación por satélite propio de la Unión Europea, con cobertura global del planeta. Es la primera infraestructura pública de ámbito europeo, no sólo espacial, originada y creada de manera directa por la Unión.

Una infraestructura que, a diferencia del GPS americano, el ruso Glonass y el chino Beidou, es civil y está controlada por las autoridades civiles. Los otros tres grandes sistemas de posicionamiento son militares, con uso dual para fines civiles, y controlados por militares.

Galileo es un sistema planteado para perdurar a largo plazo, decenas de años, lo que otorga estabilidad y perspectivas para las inversiones que se hagan en su ecosistema. Cuando esté operativo al 100% va a ofrecer cuatro tipos de funcionalidades a través de sus 10 señales complementarias: los servicios en abierto, gratuitos, disponibles para posicionamiento de navegadores y todos los aprovechamientos que se puedan desarrollar; el servicio público regulado (PRS), con señales cifradas y acceso controlado para uso gubernamental, incluyendo servicios de emergencia, de seguridad y defensa; los servicios de rescate, para búsqueda y salvamento de personas en peligro; y seguridad aérea, ya disponible para la aviación civil con GPS a través de EGNOS (Servicio Europeo de Navegación por Complemento Geoestacionario), que está previsto incorpore Galileo a mediados de los años 20.

Galileo cuenta con otros dos diferenciadores importantes con respecto a GPS: la disponibilidad muy pronto de un servicio en abierto y gratuito de alta precisión, con resoluciones del orden de 20 centímetros; y un servicio de autenticación de señales en abierto y comercial, permitiendo un posicionamiento robusto y mucho más seguro que GPS.

Estos dos nuevos servicios serán grandes facilitadores

de la transformación digital en industrias tan estratégicas como las asociadas al Internet de las cosas, el sector del automóvil (incluyendo el guiado automático de vehículos), ciudades inteligentes y vehículos aéreos no tripulados (drones o UAVs).

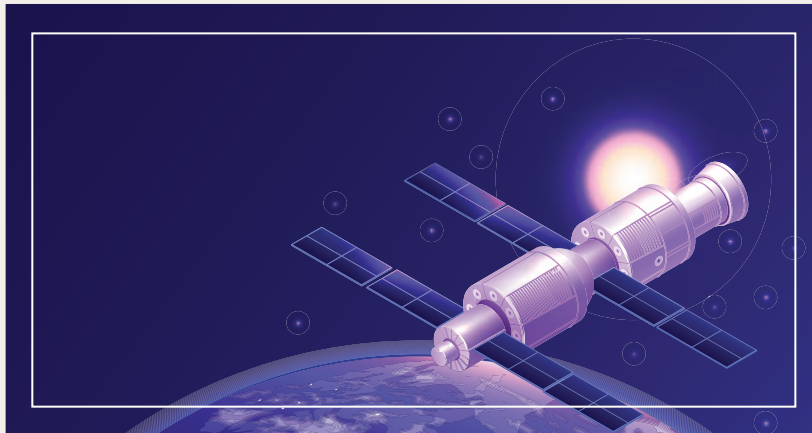
Galileo es un vector muy importante para la economía. Estimaciones actuales de la Comisión Europea

concluyen que un 10% del PIB europeo depende de la disponibilidad de servicios de posicionamiento por satélite. En cuanto al uso actual e inmediato de Galileo, se identifican ya unas 40.000 aplicaciones diferentes, que afectan a todos los sectores de la economía: turismo,

transporte, movilidad, energía, medio ambiente, agricultura, telecomunicaciones... Todos ellos, sectores estratégicos en nuestro país.

Más del 95% de los móviles existentes incluyen hoy navegador por satélite, y desde hace dos años, los principales fabricantes incorporan el sistema europeo ya en sus terminales, habiendo alcanzado en septiembre de 2019 la cifra de 1.000 millones de móviles con Galileo, en solo 34 meses desde el inicio de sus operaciones.

El otro pilar institucional europeo en el campo de las aplicaciones espaciales es el programa Copernicus para observación de la Tierra que es, a día de hoy, el



campo con más crecimiento en la industria espacial. Representa un tercio de los satélites operacionales en órbita. Un 25% del presupuesto global de la Agencia Espacial Europea se dedica a satélites de observación del planeta.

Copernicus se basa en los satélites Sentinel, de los que ya se han lanzado siete y se esperan decenas en las próximas décadas. Los Sentinel son esenciales para la monitorización del cambio climático, permitiendo un análisis global, continuo y fino de nuestro planeta, en todas sus dimensiones. A la vez, Copernicus es un generador extraordinario de nuevas oportunidades de negocio. Suministra varios Terabytes diarios de información, accesibles de forma gratuita, en abierto y en tiempo real, Copernicus es el mayor suministrador de datos satelitales del mundo. Es un filón extraordinario para el desarrollo de actividades de la denominada nueva economía: medidas de vientos para la optimización de parques eólicos; medidas de la irradiación solar para la generación de energía fotovoltaica; análisis de corrientes marinas para la optimización de rutas de navegación... Si los datos son considerados por la economía el nuevo petróleo, desde el espacio está cayendo sobre Europa el petróleo gratis a chorros.

EL PAPEL DE ESPAÑA

España es un país importante en el sector espacial. País fundador de la Agencia Espacial Europea y el quinto en contribución total en Europa espacial. La Comunidad de Madrid es una de las regiones con mayor actividad espacial de Europa (acapara el 90% de la española), con instalaciones en Robledo de Chavela (donde se escuchó el mensaje de Armstrong fracciones de segundo antes que en Houston), Villanueva de la Cañada (ESAC), Torrejón de Ardoz (varios centros), San Martín de la Vega, Getafe, Arganda del Rey...

España está muy bien posicionada para aprovechar el tirón del espacio, y en particular las actividades de Galileo con empresas muy implicadas en su desarrollo y con infraestructuras clave. En Torrejón de Ardoz, integrado en las instalaciones del INTA, está el Centro de Servicio Europeo del programa Galileo, el GSC, que es la oficina que media entre las comunidades de usuarios y el sistema. Un centro clave en el desarrollo de nuevas aplicaciones. Dice Jorge Potti, vicepresidente de la Comisión de Espacio de la asociación de empresas aeroespaciales españolas y responsable del área en GMV, compañía que ha ganado contratos clave en el desarrollo de Galileo, que "debemos avanzar en el desarrollo de programas espaciales nacionales, dentro de un plan estratégico nacional, que permita a la industria dar un salto de calidad".

Se está instalando en Madrid uno de los dos Centros de Vigilancia de Seguridad de Galileo, el GSMC, trasladado desde la localidad británica de Swanwick ante el Brexit, evitando así que una instalación clave quedase fuera de la Unión Europea. Además, la oficina científica de Galileo de la Agencia Espacial Europea está ubicada en el centro de ESAC y los datos se almacenan también en España.

En cuanto a Copernicus, las aplicaciones que se desarrollan cuentan con abundantes subvenciones y bastantes programas de Horizonte 2020 de la UE se plantean sobre la utilización de sus datos. La decisión de la Unión Europea de que los datos del programa Copernicus sean en abierto y gratuitos, permite maximizar las investigaciones científicas y las oportunidades de negocio.

Galileo y Copernicus encajan perfectamente con los nuevos paradigmas de la globalización y la importancia de la industria de los datos. Son una apuesta segura. •



CON DATOS EN LA MANO

#7 Sistemas satelitales

ANDRÉS VALDÉS

La industria espacial lleva muchas décadas demostrando que no se sostiene con gestas de astronautas ni con cohetes reutilizables, sino que son las necesidades de millones de telespectadores y usuarios de telefonía móvil las que mantienen el ecosistema. Entre el lanzamiento del Sputnik y el del Big Falcon se han colocado en órbita cerca de 5.000 satélites para observar, conectar y transmitir información sobre nuestro planeta. Hoy, cerca de dos millares de ellos nos guían por lugares desconocidos, nos ayudan a predecir el tiempo y garantizan que nadie, por muy remota que sea su ubicación, pueda quedar incomunicado.

La fabricación, lanzamiento y gestión de sistemas satelitales es la principal actividad de la industria espacial. Un ámbito tradicionalmente restringido a presupuestos billonarios y, por tanto, accesible sólo para gobiernos y grandes empresas. Pero, desde principios de este siglo, los emprendedores del sector tecnológico empezaron a señalar las oportunidades que se abren más allá de la exosfera y atrajeron el interés de la iniciativa privada. Ahora las barreras de entrada a la industria aeroespacial son más bajas, la tecnología más avanzada y la necesidad de conocimiento y recursos de las sociedades mayor que nunca. Se habla de *New Space* o nuevo espacio para definir la explotación del exterior de la atmósfera por actores privados, pequeños y ágiles, que complementan la actividad tradicional de gobiernos y universidades¹.

Las constelaciones de satélites para telecomunicaciones, observación y navegación son el estado del arte de esta industria, pero, en torno a ella, y gracias a los avances en técnica de lanzamiento y el abaratamiento de costes, se están fundando numerosas empresas que tienen como objeto el turismo espa-

cial, la minería de asteroides o la manufactura a gravedad cero entre otros muchos mercados verticales que hasta hace poco eran más ficción que ciencia aplicada. No obstante, y pesar de lo sugerente del concepto, el *New Space* debe demostrar todavía que sus propuestas tienen los pies en la tierra: las inversiones en el sector espacial no son tan abrumadoras como las expectativas creadas por los nuevos emprendedores² y el grueso del mercado se mueve por actividades más tradicionales que disruptivas.

Una visión simplificada de los mercados del espacio ofrece cuatro actividades principales: vuelos espaciales tripulados, seguridad nacional, comunicaciones por satélite y análisis de imágenes y datos³. La consultora especializada Bryce opta sin embargo por dividirlos entre satélites y no satélites: los vehículos orbitales concentran el 76% de los 360.000 millones de dólares de facturación de la industria espacial global. Prácticamente la mitad de ese porcentaje se dedica a equipamiento de tierra, especialmente a redes y dispositivos de navegación, mientras la televisión por satélite supone otra importante fracción de 94.200 millones. El sector *upstream* o de provisión tecnológica, centrado en fabricar instrumentos, aparatos y cohetes y realizar lanzamientos, representa una pequeña porción de 25.000 millones. El mercado *downstream*, enfocado en las aplicaciones y servicios de la tecnología espacial, tiene un volumen mucho mayor debido a la enorme utilidad y retorno de inversión que tiene la industria satelital para empresas y gobiernos⁴. (Fig. 1)

Aunque la facturación de la economía espacial crece de forma sostenida desde 2009 y ya dobla los registros de hace una década⁵, los sectores más

1 Let's talk about NewSpace. Satsearch, 2019

2 The Space Economy in Figures. How Space Contributes to the Global Economy. OCDE, 2019

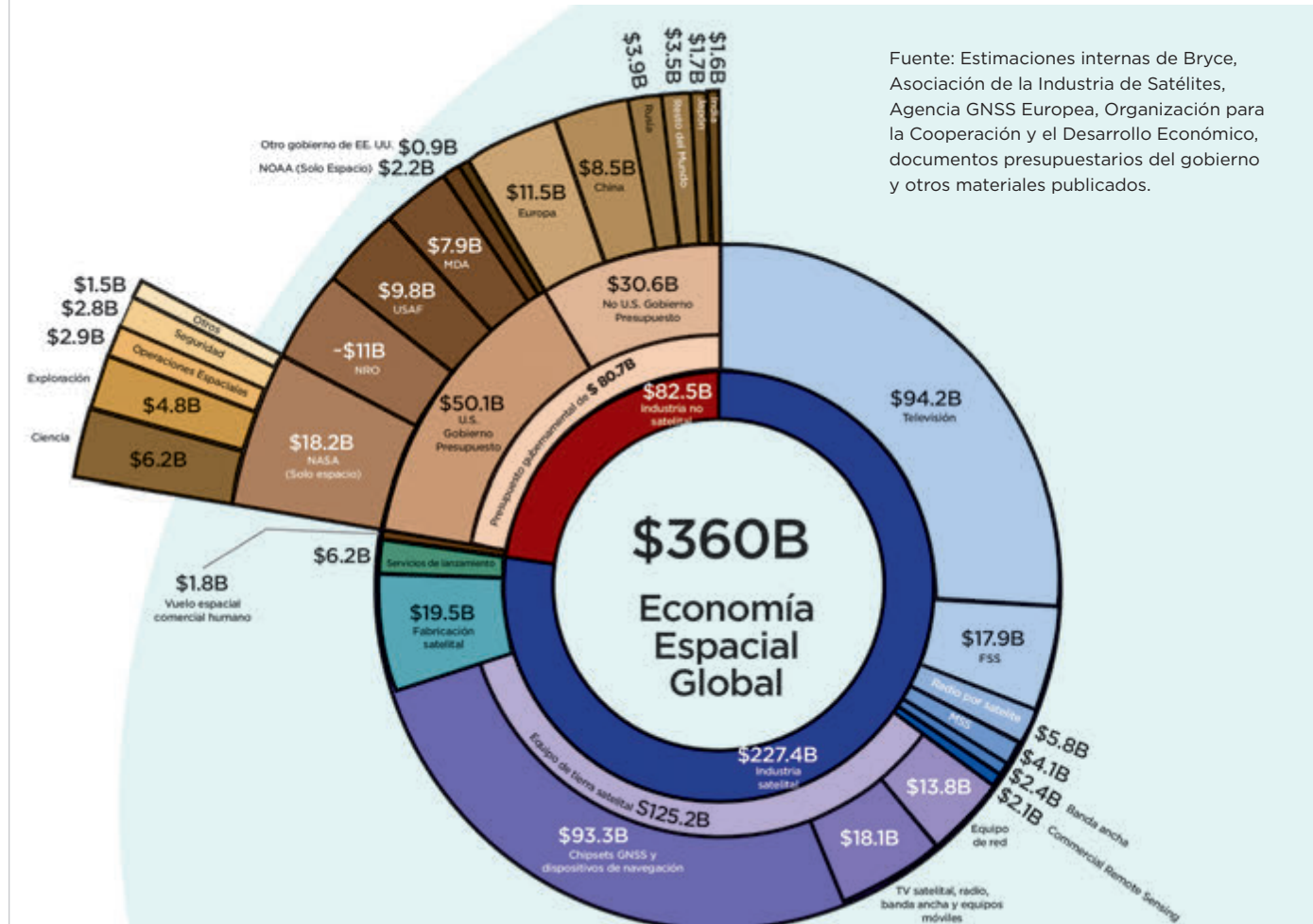
3 An investor's guide to space, Wall Street's next trillion-dollar industry. CNBC, 2019

4 Agenda Sectorial de la Industria Espacial Española 2019. TEDAE, 2019

5 idem

Fig. 1 LA ECONOMÍA ESPACIAL MUNDIAL EN 2018

Los ingresos de fabricación de satélites incluyen los ingresos totales de fabricación estimados para satélites lanzados en 2018.



novados del *New Space* tienen todavía poco protagonismo. Aún así, en 2019, las *start-ups* lograron aumentar su capacidad de atracción de capital con 5.700 millones de dólares y mantener el ritmo inversor sin precedentes adquirido en los últimos años. El 70% de estos fondos respaldaron los proyectos de cuatro empresas: SpaceX, Blue Origin, OneWeb y Virgin Galactic⁶.

La inversión directa e indirecta de los gobiernos ocupa prácticamente todo lo que no es gestión de satélites en la actividad espacial. A través de transferencias a organismos, agencias, universidades y empresas privadas, el dinero público sostiene gran parte de una industria que contempla, a su vez, a los estados como clientes preferentes⁷. Otros ana-

listas sitúan el gasto gubernamental global en actividades espaciales en 79.000 millones de dólares⁸, de los que el 63% se dedica a programas civiles. EEUU mantiene su hegemonía histórica: el presupuesto de su programa representa más de la mitad de la suma de dotaciones estatales. China, Rusia, Francia, Japón y la Unión Europea a través de la Agencia Espacial Europea (ESA) costean, en ese orden, las agencias nacionales más ambiciosas. España, con cerca de 400 millones destinados a actividades espaciales, está dentro de los 15 primeros países de este sector⁹. Esta jeraquía es similar a la de producción científica en campos como astronomía, ingeniería y exploración espacial. En el listado de los países más relevantes por cuota de publicación de artículos en estas disciplinas, España se encuentra entre los diez

6 *Start-Up Space: Update on Investment in Commercial Space Ventures*. Bryce, 2020

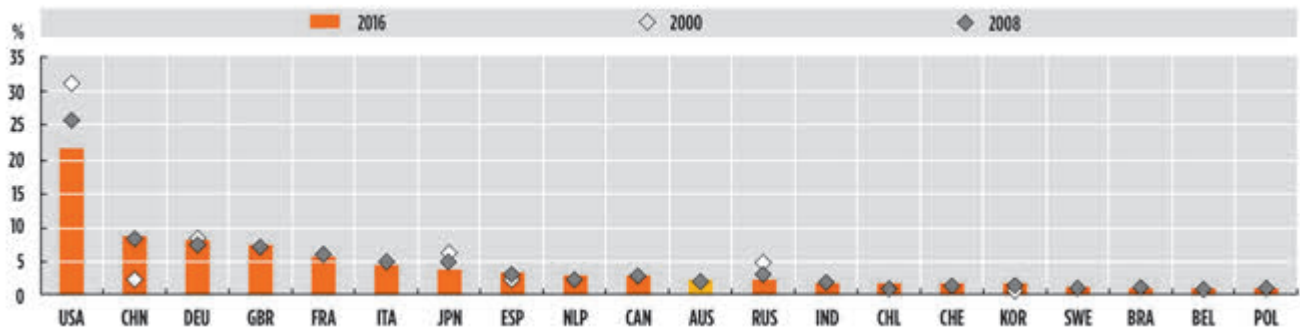
7 idem

8 *Global government space budgets continues multiyear rebound*. SpaceNews, 2019

9 *Global government space budgets continues multiyear rebound*. SpaceNews, 2019

Fig. 2 PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN LITERATURA ESPACIAL, POR PAÍS

Porcentaje de publicaciones espaciales totales, 2000, 2008 y 2016.



Fuente: Análisis OFCD basado en datos personalizados de Scopus, Elsevier, julio de 2018.

primeros del mundo, con alrededor de un 4% de la producción global¹⁰. (Fig. 2)

Los satélites ofrecen transmisiones y datos con cobertura mundial a una economía globalizada que avanza hacia la digitalización de todas sus actividades. Esta coyuntura explica que la facturación del sector crezca ininterrumpidamente desde hace más de diez años¹¹. Por funciones, el segmento de las telecomunicaciones es mayoritario en el sector, por lo que gran parte de la flota de 2.000 satélites que ocupan las tres distancias de orbitación alrededor del planeta está dedicada a las comunicaciones comerciales (35%) y gubernamentales (14%). Otro 19% de ellos está diseñado para la agricultura de precisión, la vigilancia de fenómenos atmosféricos y la búsqueda de recursos naturales. Los satélites de uso militar, científico, meteorológico o de investigación y desarrollo facturan entre un 12 y un 2% de los servicios¹².

Los avances que han permitido la reducción del coste y tamaño de los aparatos, así como el abaratamiento en las operaciones de lanzamiento, han facilitado el acceso a las órbitas a operadores de menor tamaño y ampliado los proyectos de los grandes pre-

supuestos¹³. En consecuencia, crecen las expectativas sobre las llamadas constelaciones o enjambres de satélites, concebidos como redes coordinadas de varios artefactos en órbita baja. Al contrario que los grandes satélites estacionados en órbita geosíncrona, las constelaciones aseguran estabilidad y mínima latencia para aplicaciones que dependen considerablemente de la fiabilidad de las transmisiones, como los vehículos autónomos. Estos sistemas compensan la escasa cobertura geográfica de los satélites que operan más cerca de la atmósfera con un mayor número de unidades en vuelo¹⁴. El objetivo de proveer de conexión a internet de banda ancha a cualquier usuario del planeta, sumado a la demanda creciente de soluciones de conectividad ubicua sin depender de costosas infraestructuras terrestres del Internet de las Cosas, empuja la carrera por las constelaciones satelitales¹⁵. (Fig. 3)

Los datos producidos por estas mallas de satélites tienen el potencial de revolucionar también la observación terrestre, la monitorización meteorológica y del cambio climático, y los servicios de posicionamiento y navegación. La colaboración público privada en la difusión y tratamiento de la información

¹⁰ *The Space Economy in Figures. How Space Contributes to the Global Economy.* OCDE, 2019

¹¹ *State of the Satellite Industry 2017.* SIA, 2017

¹² idem

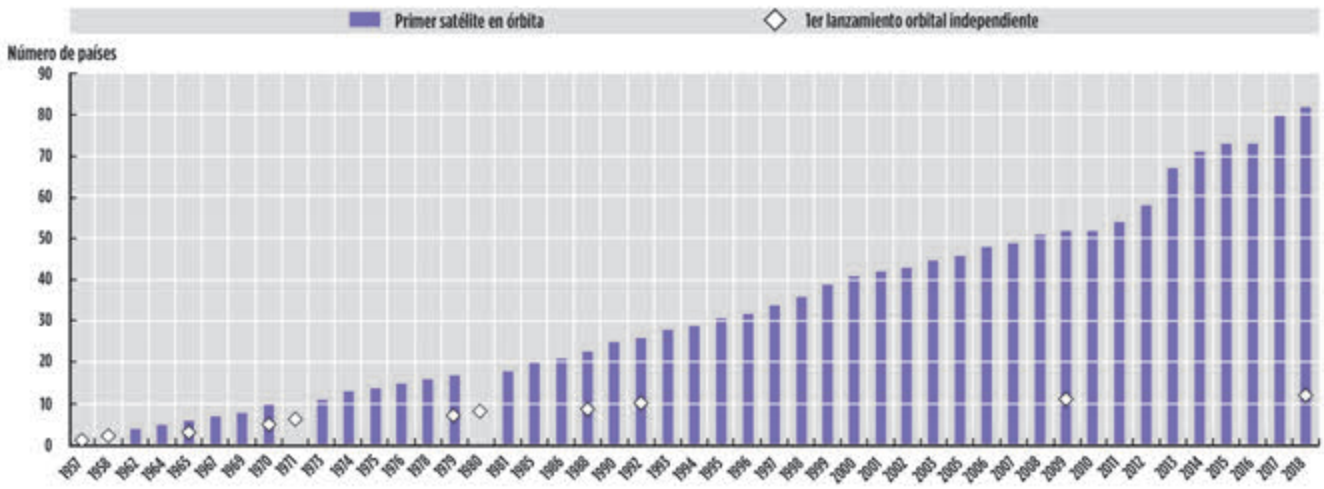
¹³ *The Space Economy in Figures. How Space Contributes to the Global Economy.* OCDE, 2019

¹⁴ *The Era of Satellite Constellations Has Arrived.* Engineering.com, 2020

¹⁵ idem

Fig. 3 MÁS DE 80 PAÍSES CON UN SATÉLITE REGISTRADO EN ÓRBITA

Número de países con un satélite en órbita (lanzado a través de un tercero o de forma independiente), entre el año 1957 y abril de 2018. Número de países que han lanzado un cohete con éxito.



Fuente: IRENA (2019)

procedente de los satélites y la aplicación de analítica de datos e inteligencia artificial¹⁶ sustentan las iniciativas más tangibles de la nueva economía espacial que mira a la Tierra.

Las tecnologías satelitales comparten un elemento nuclear: la disponibilidad de radiofrecuencias, regulada en un registro que supervisa la Unión Internacional de Telecomunicaciones. La demanda de mayor capacidad del creciente negocio del vídeo por satélite y ecosistemas emergentes como el que inaugura el estándar 5G exigen nuevos acuerdos y regulaciones que garanticen la disponibilidad y seguridad de los espectros¹⁷ a fin de evitar brechas entre usuarios y prácticas desleales entre operadores.

El despliegue de sistemas satelitales está aumentando además la conciencia acerca de los riesgos de ciberseguridad que crecen con ellos. En este sentido, los ordenadores de los centros de control así como los sistemas de los satélites más antiguos presentan vulnerabilidades que pueden ser explotadas debido a su compleja actualización. Además, la cada vez mayor dependencia de sistemas de posicionamiento los convierte en objetivos estratégicos de la ciber-

guerra¹⁸. Entidades como la ESA aplican soluciones criptográficas para blindar Galileo¹⁹ y otros sistemas de ataques de consecuencias nefastas.

Las sondas espaciales tienen un papel fundamental en la monitorización meteorológica y del cambio climático, especialmente en regiones donde no hay otro instrumental de medición disponible. La evaluación de fenómenos asociados al cambio global como las variaciones en el nivel del mar, recesión de glaciares, incendios, concentraciones de gases de efecto invernadero, salinidad y temperatura marina o calidad del aire es el propósito principal de constelaciones como la europea Copernicus²⁰. Desde el año 2005, las agencias espaciales han intensificado la cooperación y los lanzamientos de satélites, especialmente de artefactos pequeños en órbita baja, para evaluar el impacto del cambio antropogénico en la tierra, los océanos, la atmósfera y las capas de hielo del planeta²¹.

Los sistemas satelitales y los proyectos de constelaciones de miles de pequeños satélites plantean tam-

16 *The Space Economy in Figures. How Space Contributes to the Global Economy.* OCDE, 2019

17 *Evolving satellite communications.* ITU, 2019

18 *Los satélites son vulnerables a ciberataques y están en riesgo de ser hackeados.* Chatham House. Xataka, 2019

19 *El reto de la española GMV para gestionar y proteger los satélites Galileo.* La razón, 2019

20 *Programa Copernicus: ¿qué se supone que está haciendo Europa contra el cambio climático?* Hipertextual, 2019

21 *How satellites are used to monitor climate change.* Carbon Brief, 2016

bién importantes desafíos. La gestión de la basura espacial, las interferencias e incluso la saturación orbital que pone en riesgo las trayectorias y los nuevos lanzamientos son algunos de los problemas urgentes que la industria debe abordar para despejar dudas y fomentar inversiones que coloquen al sector a la misma altura que ha puesto sus expectativas.

La industria aeroespacial española se apoya en gran medida en fondos públicos. En la última década, la mitad de los 4.300 millones de euros destinados por el Estado al sector han financiado programas de defensa nacional y proyectos civiles europeos, mientras que otra fracción importante, alrededor del 37%, cubrió la aportación obligatoria a la ESA y algunos proyectos opcionales del mismo organismo²². La agencia comunitaria, responsable de las redes satelitales de posicionamiento Galileo y EGNOS y del programa de observación Copernicus, es el eje principal de la economía espacial en el continente. Los operadores satelitales de propiedad estatal Hispasat, Hisdesat y el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) funcionan también como grandes tractores dentro de la industria nacional²³.

España está especializada en el sector *upstream*. De los 867 millones de euros de facturación en 2018 de las empresas de actividades espaciales, 607 se corresponden con la fabricación y lanzamiento de satélites, mientras que los operadores generaron 260 millones. Los principales éxitos económicos privados se producen en el segmento vuelo, con cerca de un 125% de crecimiento en la última década.

El sector cuenta con 3.500 profesionales repartidos en una cuarentena de empresas, la mayoría de ellas de capital nacional. Especialización, innovación y fiabilidad son factores del éxito de este sector, que representa el 0,5% del PIB industrial español y registra una tasa de productividad cuatro veces superior a la

media estatal²⁴. El país fabrica satélites, sistemas de control de tierra, componentes de vuelo, *software* e incluso cohetes reutilizables de gran reputación en el mercado internacional.

Varios hitos recientes confirman la vitalidad de la explotación espacial española. El lanzamiento del satélite espía Paz, construido por Airbus, lanzado en órbita baja por Space X en 2018 y operado por Hisdesat, reunió a 15 empresas y tres universidades españolas en un proyecto que convierte a España en el tercer país europeo en disponer de un artefacto propio de observación terrestre, junto con Italia y Francia. Encomiendas posteriores, como la fabricación del satélite de control de exoplanetas Cheops y la adjudicación de toda la misión a nuestro país por parte de la ESA²⁵, ratifican esta trayectoria ascendente desde la competencia hacia el liderazgo internacional.

Otro logro reseñable es la elección por parte de la CE de las instalaciones del INTA en Madrid como base del centro de vigilancia del programa Galileo, un traslado obligado tras el Brexit en el que la candidatura española se impuso a otras siete ubicaciones europeas²⁶. Paralelamente, GVM, una de las principales empresas del sector a escala global y líder nacional, ganaba el concurso de la ESA para desarrollar el centro de control de esta constelación, localizado en bases alemanas e italianas²⁷. La operación representa el contrato más importante en la historia de la industria espacial española²⁸.

España se encuentra en una excelente posición para diseñar y liderar misiones tanto de observación de la Tierra como de vigilancia espacial²⁹. Todo un logro para un país que ha pasado de ser un mero espectador en la carrera espacial de los años 60 a tener una ingeniería de primer nivel en la era del *New Space*. •

²² Agenda Sectorial de la Industria Espacial Española 2019. TEDAE, 2019

²³ idem

²⁴ La industria espacial española, un referente a nivel europeo. The Objective, 2019

²⁵ idem

²⁶ El sector espacial español se posiciona como líder europeo en 2018. Infoespacial, 2018

²⁷ GMV primes the biggest contract ever signed by Spain's space industry. GMV, 2018

²⁸ idem

²⁹ España aspira a convertirse en una potencia espacial. La Vanguardia, 2019

