

Programas espaciales en América Latina: Historia, operaciones actuales y cooperación futura

SARGENTO PRIMERO JOSEPH GUZMÁN, USAF

Introducción

Los programas espaciales en América Latina no han podido desarrollarse tan rápido como otros programas en el mundo. Para entender por qué, es importante resumir la historia de la región durante los últimos 64 años. Los viajes y la exploración espacial, como se conocen hoy en día, comenzaron con el lanzamiento de los primeros objetos al espacio en 1957. Desde entonces, muchas naciones han perseguido la creación y el funcionamiento de agencias para lograr lo que antes parecía imposible. A pesar del entusiasmo por la exploración espacial a principios de la década de los años 60, no muchas naciones han podido avanzar plenamente en sus objetivos, principalmente debido al alto costo del desarrollo de la tecnología espacial. Estados Unidos y luego la Unión Soviética fueron las dos potencias principales durante las primeras etapas de los viajes espaciales, lo que se conoció como la carrera espacial durante el período de la Guerra Fría. Desde entonces, muchas otras naciones han formado programas espaciales, operando satélites, lanzando instalaciones y enviando gente fuera de la atmósfera terrestre. Hoy, países como China, Japón, India, Pakistán, Irán y la Agencia Espacial Europea (ESA, por sus siglas en inglés) tienen programas espaciales con vastas capacidades y recursos.

Sin embargo, la mayoría de los países de América Latina se han enfrentado a muchos desafíos en su búsqueda de la tecnología espacial, ya que históricamente han sido naciones incipientes que durante los últimos 100 años se han enfrentado a múltiples problemas económicos, sociales y políticos. No es sorprendente que la mayoría de sus gobiernos haya eludido el desarrollo de esta tecnología a favor de invertir recursos en asuntos más urgentes. Dicho esto, desde el comienzo de la exploración espacial con el lanzamiento del satélite Sputnik por parte de la Unión Soviética, los países de América Latina han creado programas espaciales. Los primeros programas espaciales en América Latina fueron establecidos en 1960 por los gobiernos de Argentina y Brasil, seguidos de México, que estableció una agencia en 1962. Sin embargo, a pesar de su longevidad, estos programas no han alcanzado el reconocimiento mundial en la comunidad espacial. Si bien la mayoría de los países de la región ha experimentado un crecimiento exponencial de la tecnología y el de-

sarrollo espacial en las últimas dos décadas, ningún país ha construido vehículos de lanzamiento orbitales ni ha alcanzado la capacidad operativa completa.

Actualmente, los únicos países de la región que tienen un programa espacial y han lanzado satélites al espacio son Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, México, Perú, Uruguay y Venezuela. En este momento, hay alrededor de 3.000 satélites en órbita alrededor de la Tierra, pero solo 85 de ellos pertenecen o son operados por países de América Latina. En perspectiva, el gobierno de los Estados Unidos por sí solo asigna USD 22.700 millones para sus programas espaciales, sin incluir la inversión del sector privado. En segundo lugar está China, seguida de la ESA, Alemania, Francia y Rusia. De todos los países de América Latina, en el puesto 25 del mundo, Brasil es el que más gasta en programas espaciales, USD 47 millones anuales, seguido de Argentina con USD 45 millones y México con USD 8,34 millones. El siguiente es un resumen de las principales potencias espaciales de América Latina.

Argentina

Argentina fue el primer país latinoamericano en crear una organización para vuelos y exploración espaciales en 1952; y a lo largo de los años, el gobierno argentino ha creado diversos proyectos de investigación y exploración en este campo. En la década de los años 60, estableció la Comisión Nacional de Investigación Espacial, seguida por el Programa Cóndor en la década de los años 80. Esto culminó con el establecimiento de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) en 1991. La CONAE, similar a la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA, por sus siglas en inglés) en los Estados Unidos, supervisa todos los asuntos relacionados con el espacio en Argentina. Según su sitio web oficial, la CONAE desarrolla todas las misiones satelitales de acuerdo con las necesidades del país. Supervisan el diseño, la construcción, la calibración, la integración y las pruebas de la tecnología espacial. Además, la agencia supervisa las operaciones de lanzamiento utilizando terceros.

CONAE ha desarrollado dos de los principales proyectos para Argentina: el Satélite de Aplicaciones Científico (SAC) y el Satélite Argentino de Observación con Microondas (SAOCOM). El proyecto SAC fue un esfuerzo conjunto con la NASA que consistió en cuatro plataformas con instrumentos ópticos. SAC-A fue una misión técnica, SAC-B fue una misión astrofísica y las misiones SAC-C y SAC-D se dedicaron a la observación de la Tierra.¹ Actualmente, el emprendimiento SAOCOM es el proyecto más grande de Argentina hasta la fecha y plantea un desafío porque será el primero en su tipo destinado a brindar transmisión de información independientemente de las condiciones climáticas, de día o de noche, utilizando la frecuencia de banda L. El proyecto es una combinación de

dos satélites idénticos que aplican tecnología desarrollada en Japón con la capacidad de proporcionar medidas e información de la humedad del suelo para prevenir, monitorear y evitar desastres naturales.²

El primer satélite SAOCOM se lanzó desde Vandenberg, California, en 2018 y fue transportado por SpaceX. El segundo satélite SAOCOM se lanzó en agosto de 2020 desde Cabo Cañaveral, Florida; un lanzamiento poco común porque fue su primer lanzamiento polar desde 1969. Este satélite se lanzó a bordo de un cohete *Falcon 9* operado por SpaceX y se desplegó con éxito desde la etapa superior alrededor de 14 minutos después del despegue. El costo de ambos satélites del programa SAOCOM fue de USD \$600 millones, incluidos los lanzamientos; y ambos satélites están en una trayectoria orbital que les permite volar sobre los polos.³ Argentina se asoció con Italia para crear la primera constelación de satélites espaciales europea y americana para la gestión de emergencias, y compartirá imágenes obtenidas por los dos satélites SAOCOM con el gobierno italiano, mientras que Italia proporcionará información recopilada por sus cuatro satélites COSMO-SkyMed. La constelación combinada de seis satélites se denominó SIASGE (Sistema de satélites Ítalo-argentino para la gestión de emergencias), capaz de cubrir un ancho masivo de la Tierra que permite que las imágenes se repitan en solo 12 horas.⁴

Bolivia

La Agencia Espacial Boliviana comenzó oficialmente en febrero de 2010. Los objetivos de la agencia incluían el despliegue del primer satélite boliviano, el desarrollo de nuevos proyectos espaciales, la capacitación y formación de recursos humanos en tecnología espacial y la implementación de aplicaciones satelitales para el desarrollo social, la defensa militar y el medio ambiente, entre otros. En el mismo año, los gobiernos de Bolivia y China firmaron un contrato para la construcción del satélite Tupac Katari. El contrato incluía un préstamo de USD 251 millones con el Banco de Desarrollo de China.⁵

El primer satélite lanzado por el gobierno boliviano tuvo lugar en las afueras de la ciudad de Xichang, China, el 20 de diciembre de 2013. El satélite fue construido por una empresa china en colaboración con los gobiernos de China y Bolivia, midiendo 2 metros por 2 metros y pesando 5,3 toneladas. El costo total del proyecto fue de USD 300 millones y su misión principal era asegurar la cobertura de Internet al territorio nacional de Bolivia, permitiendo que escuelas y hospitales en áreas remotas se comunicaran con ciudades más grandes.⁶ Ha sido especialmente importante para los pobres y aquellos que vivían en áreas rurales remotas que sin acceso a teléfono, televisión, radio o Internet, brindando servicios de comunicación a 3,3 millones de bolivianos que vivían en lugares donde no llegaba la

fibra óptica. La plataforma contaba con cuatro transpondedores para la transmisión de televisión y 26 transpondedores para transmisión y recepción. El proyecto fue más allá de solo brindar acceso a las comunicaciones, ya que también buscaba impulsar la economía proporcionando oportunidades como educación virtual, trabajo y salud. El programa tenía la intención de crear personal calificado y empleos de calidad, además de promover otras industrias como software, hardware y tecnología de la información y las comunicaciones en general.⁷ Bolivia ha sido un ejemplo para muchos países en desarrollo de todo el mundo, dado que es una de las naciones más pequeñas de la región, con un Producto Interno Bruto (PIB) bastante limitado, de USD 40.900 millones en 2019. La Agencia Espacial Boliviana ha podido, en los últimos diez años, no solo lanzar un satélite para brindar capacidades de comunicación a su población, sino para crear estaciones terrestres que monitoreen y administren las operaciones de los satélites. Además, Bolivia ha expresado interés en adquirir satélites de teledetección. Para seguir desarrollando la tecnología aeroespacial en el país, la Conferencia Aeroespacial Boliviana fue el primer congreso organizado con el objetivo de impulsar la educación avanzada y la tecnología a estudiantes, profesionales y público en general. La conferencia tuvo lugar en 2014 y contó con el apoyo de instituciones públicas, empresas privadas y universidades internacionales.⁸

Brasil

Brasil es una potencia en América Latina en lo que respecta a los programas espaciales. Desde principios de la década de los años 60, el gobierno brasileño se ha interesado por los viajes espaciales y la tecnología. Los orígenes de su programa espacial, como se lo conoce actualmente, comenzaron con la observación de la Tierra, la meteorología, las telecomunicaciones, los cohetes, la infraestructura y el apoyo terrestre. Actualmente, el programa espacial brasileño incluye el desarrollo de sus cohetes autóctonos Sonda, vehículos de lanzamiento, vehículos de elevación media y pesada, sondas espaciales, satélites y plataformas multimisión. Algunas de las aplicaciones del programa espacial brasileño se están utilizando para ciencia, comunicación, observación de la Tierra y en el ámbito militar. Algunos de los objetivos finales del programa espacial brasileño incluyen el acceso al espacio, satélites de aplicaciones y el desarrollo de plataformas multimisión más avanzadas.⁹ Según el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales del gobierno brasileño, el Satélite Sino-Brasileño de Recursos Terrestres (CBERS) es actualmente uno de los principales proyectos del programa espacial del país. Esta alianza entre China y Brasil se inició en 1988 con una inversión de más de USD 300 millones. El sistema, desarrollado para implementar sistemas de teledetección de primera clase, representó un gran avance en la transferencia de tecnología dentro de los

acuerdos internacionales. Hasta la fecha, CBERS ha construido y lanzado seis satélites. De los seis, dos están operativos, dos están retirados, uno sufrió un lanzamiento fallido y otro experimentó una pérdida. Un satélite adicional está en orden para lanzar en el futuro.¹⁰ Según el sitio web oficial de la Agencia Espacial Brasileña, Brasil no solo lidera activa y actualmente la región en misiones espaciales, sino que también busca expandir las operaciones futuras.

Brasil, que tiene el programa espacial más grande de América Latina, está mirando hacia el futuro de las misiones espaciales, preparándose, entrenando y colaborando con otros países para una futura misión a Marte. La Agencia Espacial Brasileña está apoyando un proyecto de formación que utiliza la región semiárida de Brasil para simular el entorno de Marte. En 2017, el proyecto había registrado 65 misiones y se habían programado 30 más. Hasta la fecha, 213 personas de 29 países diferentes han contribuido a este proyecto.¹¹ Con una misión a Marte, que actualmente constituye uno de los proyectos más grandes para diferentes programas espaciales como los de Estados Unidos y China, la participación de los países latinoamericanos en este programa demuestra su voluntad de colaborar y formar parte de proyectos futuros.

Además, Brasil está dando pasos importantes para ser el primer país de la región en completar con éxito un lanzamiento orbital desde su territorio. La Agencia Espacial Brasileña y la Fuerza Aérea Brasileña se están asociando con Virgin Orbit para utilizar su Centro de Lanzamiento Alcántara y hacer realidad tales capacidades. Debido a la singularidad de los vehículos de lanzamiento de Virgin Orbit y la ubicación óptima del centro cerca del ecuador, esta asociación parece muy prometedora tanto para el programa espacial de Brasil como para la empresa con sede en Long Beach, California. El Centro de Lanzamiento de Alcántara está ubicado en la costa norte de Brasil, a solo un par de grados al sur del ecuador; esta excelente ubicación permite que el sitio de lanzamiento sea el único en el mundo capaz de lograr cualquier inclinación orbital. La construcción del Centro de Lanzamiento de Alcántara comenzó en 1982 y desde entonces se han realizado múltiples lanzamientos de cohetes suborbitales. El vehículo de lanzamiento de Virgin Orbit, LauncherOne, una vez lanzado con éxito, transformará el Centro de Lanzamiento de Alcántara en el segundo sitio de clase orbital en toda Sudamérica y el quinto en todo el hemisferio sur.¹²

Chile

El Satélite de la Universidad de Chile para la Investigación Aeroespacial (SU-CHAI) es un gran ejemplo de cómo las nuevas tecnologías han permitido que programas espaciales emergentes ingresen a la carrera espacial. Este proyecto se basa en el despliegue de CubeSats, también conocidos como nanosatélites, que son

pequeñas plataformas que miden alrededor de diez centímetros por lado. Su pequeño tamaño, combinado con la última tecnología, ha hecho que este satélite sea muy asequible y relativamente fácil de desarrollar. El programa se inició en 2011 con un presupuesto de USD 200.000. Este pequeño satélite solo tiene una sonda simple, una cámara, un experimento de electrónica y un experimento de gestión de la salud de la batería. Debido a su pequeño tamaño y peso, los nanosatélites son una gran oportunidad para que los programas espaciales emergentes desarrollen y lancen sus propias plataformas, ya que en la actualidad incluso el costo de las entregas espaciales ha disminuido, especialmente para plataformas pequeñas como estas.¹³

Según el sitio web oficial del gobierno chileno, Chile está trabajando actualmente en nuevos proyectos e iniciativas. En 2020, el presidente de Chile anunció un nuevo sistema de satélites que promoverá aplicaciones científicas, tecnológicas, de defensa militar y civil. Al igual que otros proyectos, este sistema satelital constará de múltiples plataformas que trabajarán coordinadas entre sí -el Ministerio de Defensa y la Fuerza Aérea de Chile-, y será una actualización y reemplazo del actual FASat-Charlie. Se desarrollarán un total de tres satélites que servirán como constelación para la observación de la Tierra. Además, se construirán tres estaciones de control en tierra interconectadas para proporcionar acceso satelital, con miras a la cooperación internacional en el futuro. Además, en un esfuerzo conjunto de los sectores militar, industrial y educativo, se construirán siete microsátélites enfocados a la búsqueda y rescate y vigilancia oceánica.¹⁴

Chile también está desarrollando y construyendo una nueva clase de telescopios extremadamente grandes. El Telescopio Gigante de Magallanes (GMT, por sus siglas en inglés) se encuentra actualmente en construcción y es una empresa conjunta entre Chile, Estados Unidos, Australia, Brasil y Corea del Sur. Este nuevo tipo de telescopio revolucionará la forma en que se ve y se comprende el espacio y el universo. El telescopio se construirá en el Observatorio Las Campanas y se espera que esté en pleno funcionamiento para 2029. Una vez completado, el GMT será diez veces más potente que el Telescopio Espacial Hubble. La ubicación del proyecto se determinó en función de las muchas ventajas que ofrece la región chilena para la observación espacial, a saber, el Pico Las Campanas. Uno de los lugares más altos y secos de la Tierra. El telescopio residirá a una altitud de 8.500 pies, con más de 300 noches de condiciones despejadas, perfectas para observar el universo.¹⁵

Colombia

El Programa Espacial Colombiano es relativamente joven. El primer intento de Colombia de crear una agencia espacial comenzó en el 2006, cuando el presidente creó la Comisión Espacial de Colombia para supervisar la investigación, coordinación, orientación, planificación del desarrollo y aplicación de tecnologías espa-

ciales en el país. La Comisión está encabezada por el vicepresidente del país y está formada por diferentes departamentos y agencias nacionales.¹⁶

Según los autores Urbina Carrero y Jonathan Camilo, en su artículo “El Espacio, Futuro de la Fuerza Aérea Colombiana”, el primer satélite que Colombia lanzó al espacio fue el “Libertad 1” en el 2007. Este era un CubeSat desarrollado en la Universidad de Stanford en asociación con la empresa Boeing. Financiado por la Universidad Sergio Arboleda con un peso menor a un kilogramo, la única función del primer satélite fue reportar información sobre su estado. El satélite estuvo operativo durante unos 30 días, la duración de la vida útil de su batería.¹⁷ Algunos de los objetivos de este primer satélite incluyeron la prueba de diseños electrónicos muy precisos y la recopilación de información sobre el satélite, tales como la temperatura, el estado de la batería y las comunicaciones básicas del satélite a las estaciones terrestres. El proyecto fue financiado primero por ciudadanos colombianos de varias empresas privadas, y luego fue sostenido y llevado a cabo a través de recursos proporcionados por la Universidad Sergio Arboleda. El proyecto se desarrolló en dos años, para incluir planificación, diseño, ingeniería, construcción y lanzamiento. El satélite fue lanzado por la Agencia Espacial Rusa y pudo orbitar alrededor de la Tierra de polo a polo a 800 kilómetros/hora, cruzando el territorio colombiano al menos dos veces al día durante unos 12 minutos cada vez.¹⁸

Actualmente hay un acuerdo entre Colombia y Ecuador sobre futuras misiones a la Luna. La Agencia Espacial Ecuatoriana y la Agencia Espacial Colombiana acordaron trabajar junto con Astrobotic para comenzar un programa de exploración de la Luna. Este último lanzará el módulo de aterrizaje lunar peregrino en el 2021.¹⁹ Otras asociaciones incluyen un proyecto en el 2022 con SpaceX para lanzar sus dos primeros satélites no experimentales. Se espera que este proyecto cueste USD 8 millones. Además de los dos satélites, Colombia busca desarrollar la experiencia del personal en áreas técnicas y académicas. Según estadísticas del país, en el 2018 Colombia gastó USD 282 millones en servicios satelitales, el 55 por ciento de ellos se destinó a comunicaciones, el 44 por ciento a navegación y sistemas de posicionamiento global y el 1 por ciento a imágenes.²⁰

Actualmente, la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), gestiona el proyecto FACSAT. FACSAT-1, un CubeSat alimentado por células solares y baterías, fue lanzado en noviembre de 2018. Es una plataforma tecnológica y de observación de la Tierra que brinda cobertura diaria de Colombia, proporcionando imágenes que se pueden utilizar para desarrollo urbano, restauración de tierras, manejo de cultivos ilegales, desastres naturales y respuesta a incendios. Está previsto que FACSAT-2 se ponga en órbita en diciembre de 2021.²¹

Según la oficina del vicepresidente del gobierno colombiano, se está poniendo énfasis en el futuro de la política espacial para el país debido a su importancia

mundial. Con unos USD 34.800 millones de impacto económico, el potencial de la industria espacial para generar empleo, crecimiento comercial y nuevas tecnologías es grandioso. Algunas de las iniciativas futuras del gobierno colombiano incluyen la adquisición de una constelación de satélites para la observación de la Tierra y el desarrollo de nuevas tecnologías para ahorrar costos a largo plazo. Además, una constelación de satélites ayudará al gobierno a prevenir desastres naturales, buscar campos de cocaína, brindar pronóstico del tiempo, defender fronteras e identificar movimientos migratorios, entre otros.²²

Ecuador

Según el sitio web de la Agencia Espacial Civil Ecuatoriana, la historia de la agencia se remonta al 2007. Fue entonces cuando el primer astronauta ecuatoriano se graduó con éxito del programa de la Federación de Rusia, y en noviembre del mismo año se creó oficialmente la Agencia Espacial Civil Ecuatoriana. El primer satélite patrocinado por el gobierno ecuatoriano fue el NEE-01 Pegaso. Este nanosatélite pesaba solo 1,2 kg y fue lanzado desde China a una altura de 650 km, lo que le costó al gobierno ecuatoriano al menos USD 700.000. El satélite se puso en órbita el 25 de abril de 2013. La primera retroalimentación en video del satélite se obtuvo el 16 de mayo del mismo año. Sin embargo, solo una semana después, el satélite encontró algunos escombros y fue arrojado fuera de su órbita. En noviembre de 2013, se puso en órbita un segundo satélite a bordo de un transbordador ruso, el NEE-02 Krysaor.²³

El NEE-02 Krysaor era muy similar al Pegaso, pero con diferentes paneles solares. Se trataba de un CubeSat con una masa de 1 kg, y sus principales objetivos eran el desarrollo de tecnología, educación, transmisión de video y pruebas de protección térmica/contra radiación. Además, el satélite proporcionó imágenes costeras de Colombia, Ecuador y Perú.²⁴

La Agencia Espacial Civil Ecuatoriana fue el primer país latinoamericano en tener un avión de microgravedad. El proyecto fue una colaboración con la Fuerza Aérea Ecuatoriana y fue diseñado para crear un ambiente de entrenamiento de gravedad cero. Dicho entrenamiento es beneficioso y necesario, ya que los astronautas se encontrarán con estas condiciones durante los viajes espaciales, como en la Estación Espacial Internacional, la Luna y Marte. Por ejemplo, mientras que los humanos en la Tierra están sujetos a una gravedad medida de 1.0, la gravedad en la Luna es 0.16 y la gravedad en Marte es 0.33. El avión de microgravedad T-39 comienza su vuelo a 6.000 metros sobre el nivel del mar y puede alcanzar la microgravedad durante unos 20 segundos/8.500 metros. El avión puede transportar ocho pasajeros y puede repetir la maniobra de vuelo más de 30 veces para un total de 10 minutos de experiencia en microgravedad.²⁵

Además, la Agencia Espacial Civil Ecuatoriana se ha asociado con la Federación Astronáutica Internacional, Blue Origin, Astrobotic, RBC Signals y la Agencia Espacial Colombiana para desarrollar LATCOSMOS, un plan de desarrollo espacial para América Latina y el Caribe. Este proyecto consiste en un plan de cuatro etapas creado para superar la histórica falta de educación espacial en la región, ya que los programas espaciales en la región (a excepción de Brasil, Argentina y México) no han recibido históricamente mucho interés. Esto se refleja directamente en la falta de recursos, la investigación deficiente y la falta de mejora tecnológica en la región, resultando en que la mayoría de los países de América Latina opten por comprar tecnología espacial de países desarrollados, lo que no solo ha exportado fondos a dichos países, sino que ha obstaculizado el desarrollo nacional y la educación.²⁶

México

México comenzó a desarrollar las primeras etapas de su programa espacial en la década de 1960. En 1962, se creó la Comisión Nacional del Espacio Exterior (CONEE) con la intención de impulsar la investigación espacial con fines pacíficos. Además, ese mismo año, se estableció el Departamento del Espacio Ultraterrestre del Instituto de Geofísica, hoy conocido como Departamento de Ciencias Especiales, dependiente de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). El CONEE construyó algunos cohetes (Mítl) y logró con éxito investigaciones de alta atmósfera, pero fue dado de baja en 1977.²⁷

El primer gran proyecto del gobierno mexicano fue el despliegue de los satélites Morelos. En 1982, México intentó proporcionar comunicaciones para sus áreas rurales y urbanas a través de un acuerdo con Hughes Aircraft Company. Cada satélite de comunicaciones, impulsado por células solares montadas en el cuerpo, tenía una vida útil de nueve años, una masa de 1.140 kg y estaba ubicado en una órbita geosincrónica (GEO). El Morelos-1 fue lanzado al espacio el 17 de junio de 1985, a bordo del transbordador espacial Discovery de la NASA, y el Morelos-2 el 27 de noviembre del mismo año, a bordo del Atlantis.²⁸

Durante las décadas de 1990 y 2000, otros proyectos espaciales incluyeron el UNAMSAT B, un microsatélite desarrollado por estudiantes de la UNAM que se convertiría en el primer satélite en órbita construido en México, y el “Solidaridad I - II” (Solidaridad I y II), lanzados en 1993 y 1994 respectivamente, reemplazando a los satélites de Morelos.²⁹ Tras el lanzamiento de los dos satélites Solidaridad desde la Guayana Francesa, en 1995 se privatizó el sector de servicios fijos por satélite de telecomunicaciones. En 1997, se le pidió a Hughes que fabricara el Morelos 3, que más tarde se convirtió en SATMEX 5 y pasó a llamarse EUTE-

LSAT 115 West A. SATMEX 5 se lanzó en 1998 y fue el primer satélite en las Américas capaz de proporcionar cobertura continental en las bandas C and Ku.³⁰

En el 2010, se estableció oficialmente la Agencia Espacial Mexicana; después de más de seis años esperando la aprobación de su Congreso. La agencia fue creada como una organización pública dirigida por el gobierno federal, dependiente del Departamento de Comunicaciones y Transporte. Su misión era utilizar la ciencia y la tecnología en beneficio de la población mexicana, impulsar la innovación y el desarrollo, y situar a México como parte de la comunidad espacial internacional. La Agencia Espacial Mexicana está trabajando en cinco campos específicos: la formación de capital humano, la investigación científica y el desarrollo tecnológico, el desarrollo industrial, la competitividad espacial, las relaciones internacionales y el financiamiento, y los asuntos espaciales.³¹

El nanosatélite mexicano D2/AtlaCom-1 fue lanzado por SpaceX desde Cabo Cañaveral en junio de 2021. Este último proyecto fue anunciado por la Agencia Espacial Mexicana y el Departamento de Comunicaciones y Transporte, y fue una colaboración con Dragonfly Aerospace, Space JLTZ y NanoAvionics. Este nuevo lanzamiento de satélite abrió una puerta de posibilidades para muchos jóvenes en México, ya que múltiples estudiantes de varias universidades participaron y pudieron trabajar en el proyecto.³² Según Duarte Muñoz, México aún participa activamente en el desarrollo de su programa espacial. El gobierno mexicano lanzará un nanosatélite más nuevo, desarrollado por expertos y estudiantes de la UNAM, y con la colaboración de otros países, para incluir a India y Brasil. Este pequeño satélite denominado, NanoConnect-2, será uno de una serie de satélites que permitirían posicionar a México como actor principal en el desarrollo de instrumentos espaciales y aplicaciones para la órbita terrestre inferior (LEO).³³

Perú

Según Robert Harding, en su libro “Política espacial en países en desarrollo: La búsqueda de seguridad y desarrollo en la última frontera”, Perú ocupa un lugar especial entre los actores espaciales emergentes de América Latina, ya que uno de los peruanos, Pedro Paulet, inventó el primer motor cohete de combustible líquido del mundo en 1895, y el primer sistema de cohetes moderno en 1900. Paulet también estableció la primera liga nacional de aviación profesional, que más tarde se convirtió en la Fuerza Aérea Peruana. En 2009, Perú creó la primera política espacial nacional para el país³⁴

A pesar de lo básico de su programa espacial, Perú ha logrado algunos hitos importantes. La primera sonda espacial peruana fue lanzada en diciembre de 2006, la misión duró dos años y ha sido útil para el desarrollo de plataformas y software que pueden medir temperatura, humedad y presión en las capas superio-

res de la atmósfera. El primer satélite doméstico que Perú intentó lanzar fue un nanosatélite de imágenes desarrollado en la Universidad de Stanford y lanzado por Rusia, tomando imágenes desde una altitud de 600 kilómetros. En 2014, el primer nanosatélite peruano, CHASQUI I, con un peso de 1 kg, fue lanzado a mano durante una caminata espacial de la Estación Espacial Internacional. Fue diseñado por estudiantes de la Universidad Nacional de Ingeniería y equipado con dos cámaras que transmitían imágenes de la Tierra. Un segundo satélite fue un proyecto de la misma universidad y la universidad rusa en Kursk. El CHASQUI II era un microsatélite con un peso aproximado de 30 kg, construido para monitorear la deforestación y los desastres naturales.³⁵

El programa espacial de Perú está liderado por la Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial (CONIDA). En 2016, CONIDA y Airbus trabajaron juntos para crear el Centro Nacional de Operaciones de Imágenes Satelitales. El nuevo centro se dedicó a obtener la independencia tecnológica con la supervisión de PeruSAT-1, actualmente uno de los principales proyectos espaciales del país. PeruSAT-1 es un satélite de observación de la Tierra con un generador de imágenes del Nuevo Instrumento Óptico Modular AstroSat (NAOMI) de muy alta resolución. El satélite, con una vida útil de 10 años, se produjo en un tiempo récord utilizando un nuevo sistema de fabricación de Airbus que redujo los tiempos de desarrollo y construcción de satélites hasta 500 kg. Fue lanzado por Arianespace en un lanzador Vega desde la Guayana Francesa, y se colocó en una órbita polar sincrónica con el Sol a 700 km. Este satélite se considera una fuente de datos primaria para Perú y proporciona imágenes de alta calidad utilizadas para aplicaciones civiles y militares como seguridad nacional, control de fronteras, vigilancia costera, monitoreo del tráfico ilegal a la minería, geología, hidrología, manejo de desastres naturales y protección del medio ambiente.³⁶

Uruguay

Si bien Uruguay es el país más pequeño de América del Sur, su Centro de Investigación y Difusión Aeronáutica y Espacial (CIDA-E) ha creado alianzas con otros países de la región y fuera del continente, trabajando en proyectos principalmente orientados a la observación de la Tierra, con aplicaciones para el medio ambiente, los recursos naturales, el monitoreo de cultivos y la vigilancia de la calidad del agua.³⁷ CIDA-E fue creado en 1975 con la misión de estudiar y promover la aeronáutica y el espacio; trabaja y brinda orientación a la Fuerza Aérea Uruguaya (FAU), la agencia de aeronáutica civil y otras organizaciones que trabajan con la aviación o el espacio. Además, CIDA-E organiza cursos educativos, mantiene comunicaciones y relaciones de trabajo con agencias espaciales extranjeras y es responsable de las leyes y regulaciones. CIDA-E es miembro con derecho a voto

de la Federación Astronáutica Internacional y del Instituto Internacional de Derecho Espacial.³⁸

AntelSat es un CubeSat desarrollado por la Universidad de la República de Uruguay y es el proveedor nacional de servicios de telecomunicaciones. Este fue el primer satélite del país; con el propósito de desarrollar habilidades en ingeniería radial y aeroespacial, principalmente para promover proyectos educativos de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés). El satélite fue clasificado como experimental y lanzado en junio de 2014 desde Rusia, transmitiendo imágenes en color e infrarrojas, además de brindar servicios de radio; todo con el objetivo de realizar mediciones agrícolas, principal industria del país.³⁹ Equipado con dos cámaras fotográficas, una para imágenes en color y otra para infrarrojos, hizo posible medir la temperatura de la tierra y el agua, además de la altitud de los sistemas de nubes. Además, permitió encontrar y rastrear tormentas meteorológicas, ciclones tropicales y medir los niveles de clorofila en los cultivos. El satélite fue una colaboración con telecomunicaciones Antel, que financió el proyecto con USD 695.000. AntelSat pesa 2 kg y fue construido por un equipo de 60 personas, en su mayoría ingenieros, profesores y estudiantes de Antel del departamento de ingeniería de la Universidad de la República.⁴⁰

Liderando el camino para el establecimiento de una agencia espacial dedicada en Uruguay encontramos a FAU, que aboga por el establecimiento de una Agencia Espacial Nacional. Según un representante de la FAU, una agencia bien formada no solo reúne a diferentes sectores y organizaciones del país, sino que es vital para crear asociaciones y tratados con otras agencias espaciales regionales.⁴¹

Venezuela

La Agencia Bolivariana de Actividades Espaciales (ABAE) fue creada en Venezuela en 2008 bajo el Departamento de Ciencia y Tecnología. El objetivo de ABAE es gestionar y desarrollar políticas espaciales. Los dos principales proyectos que administra la agencia son el VENESAT-1 –un satélite de telecomunicaciones también conocido como “Simón Bolívar”–, y los satélites de observación terrestre VRSS-1 y VRSS-2.⁴²

El VENESAT-1 fue el primer satélite propiedad de Venezuela, a partir de una colaboración con China para brindar servicios de televisión y conectividad. El satélite se basó en la plataforma DFH-4 diseñada en China, costó más de 400 millones de dólares y pesó 5.100 kilogramos. Fue lanzado en 2008 para brindar servicio de telefonía celular, servicios educativos para comunidades remotas y acceso a la Internet. En 2020, VENESAT-1 sufrió problemas con los paneles solares, que pusieron el satélite fuera de servicio tres años antes de lo planeado; fue retirado y reubicado en una órbita cementerio lejos de los satélites operativos.⁴³

Si bien Venezuela perdió el satélite Simón Bolívar, aún tiene dos satélites más en alianza con China.⁴⁴ El segundo satélite lanzado por Venezuela, el VRSS-1, también conocido como “Miranda”, es uno de los dos satélites construidos por China para la observación remota de la Tierra. El satélite, una plataforma CAST-2000 de peso reducido, se lanzó en septiembre de 2012 para proporcionar recopilación de datos e imágenes, prevención de desastres naturales y promoción del espacio, la investigación y la educación. El VRSS-1 proporciona servicios ambientales, agrícolas y de salud en áreas remotas y aplicaciones de planificación, gestión de emergencias y defensa.⁴⁵ El segundo satélite desarrollado bajo el programa VRSS se denominó “Antonio José de Sucre” (al igual que sus predecesores, recibió el nombre de un líder independentista sudamericano). Este fue también un satélite de teledetección desarrollado y lanzado por China. La plataforma se lanzó a bordo de un cohete chino CZ-2D Long March en una órbita subsíncrona de 645 km en octubre de 2017.⁴⁶

Recomendaciones

Antecedentes históricos

Los programas espaciales en América Latina se remontan a principios de la década de 1960, y muchos de ellos lograron reconocimiento en las primeras etapas de la exploración espacial. No obstante, la mayoría de los programas espaciales de la región nunca desarrollaron completamente sus programas en comparación con otros en todo el mundo; la mayoría de los países vincularon sus programas espaciales a otras funciones gubernamentales, como el transporte, la educación o el ejército. Hasta el día de hoy, no todos los países de la región tienen una agencia espacial independiente. Este factor limitante organizativo es quizás un factor que contribuye a muchos de los problemas que los programas espaciales regionales enfrentan en la actualidad: al ser parte de otra agencia u otro departamento, los recursos y el personal tenían que compartirse, lo que perjudicó el desarrollo de la tecnología espacial. Para muchas naciones, especialmente durante las primeras décadas de exploración espacial, los beneficios de los satélites y el desarrollo espacial no eran una prioridad y contrataron a otros países para utilizar su tecnología. Sin embargo, en los últimos 20 a 30 años, los satélites y sus aplicaciones pasaron de ser un lujo a una necesidad. Los países de todo el mundo se están dando cuenta de que tener sus propias plataformas en órbita alrededor de la Tierra puede requerir una gran inversión al principio, pero es una inversión que se puede recuperar en unos pocos años.

Históricamente, Argentina, Brasil y México han sido pioneros y líderes en desarrollo tecnológico. La cantidad de satélites que han lanzado refleja la importan-

cia que tienen para la región. Entre los tres programas espaciales, tienen 71 satélites combinados, lo que representa el 83 por ciento del total de satélites latinoamericanos.

Brasil es quizás el dínamo en la región, ya que ha logrado un programa espacial positivo y relativamente estable. Brasil ha realizado con éxito lanzamientos de cohetes y experimentos de vuelo parabólico, además de diseño, desarrollo y operaciones de satélites. Se ha asociado de forma efectiva con diferentes sectores dentro del país, incluyendo la Fuerza Aérea Brasileña, universidades y empresas privadas, además de diferentes potencias espaciales como Estados Unidos y China.

Retos actuales

Uno de los desafíos más importantes para los países latinoamericanos es la falta de personas cualificadas para trabajar en sus programas espaciales. No hay muchas instalaciones educativas y planes de estudio reconocidos y certificados, y relativamente pocas personas de países latinoamericanos han logrado carreras espaciales exitosas. Algunos de los pocos que han logrado viajar al espacio incluyen al primer astronauta latinoamericano, Arnaldo Tamayo Méndez, de Cuba, quien participó en la misión soviética Soyuz 38 en 1980; Rodolfo Neri Vela, de México, quien formó parte de la misión estadounidense STS-61-B en 1985; y Franklin Chang-Díaz, de Costa Rica, profesor de física y director del Laboratorio de Propulsión Espacial Avanzada de la NASA, quien participó en siete misiones espaciales estadounidenses. Además, Ellen Ochoa fue la primera mujer hispana de los Estados Unidos en participar en una expedición en 1993 y también fue la primera directora hispana en el Centro Espacial Johnson.⁴⁷ Otras personas de América Latina también han trabajado y tenido éxito en diferentes agencias espaciales. No obstante, la mayoría de ellos tuvo que ir a otros países para educarse y capacitarse.

Los programas espaciales en América Latina se han enfrentado y continúan enfrentándose a múltiples desafíos. La falta de recursos es probablemente el principal desafío que enfrentan muchos de los programas espaciales en la región, ya que la mayor parte del tiempo, la ciencia y la tecnología no son una prioridad de alto interés nacional. Sin embargo, en las últimas décadas, muchos países latinoamericanos han comenzado a comprender que los avances tecnológicos pueden ayudar a respaldar sus intereses nacionales, ya que el espacio y los servicios espaciales son utilizados por todos.⁴⁸

En 2020, el presupuesto espacial a nivel mundial fue de USD 71.750 millones, una disminución del 0,81 por ciento en comparación con 2019. Los países de América Latina y el Caribe solo contribuyeron con el 0,22 por ciento de los recursos mundiales asignados a la exploración espacial (USD 157,6 millones); detrás de todas las regiones del mundo salvo Oceanía. Norteamérica, incluidos los

EE. UU., tiene el presupuesto más alto asignado al espacio, principalmente debido a EE. UU. tiene la industria espacial más grande del mundo. En 2020, América del Norte asignó USD 38.540 millones al espacio, el 53,71 por ciento del presupuesto mundial.⁴⁹

Cooperación en el futuro

La cooperación regional, especialmente en América del Sur y en términos de la creación de una Agencia Espacial, se ha propuesto en múltiples ocasiones. Sin embargo, ninguno de ellos ha tenido éxito.

Hace más de diez años, Argentina fue la primera en proponer una colaboración regional, de orientación militar. A lo largo de los años, la propuesta evolucionó y Brasil, como una de las potencias de la región, se sugirió como sede. El último gran paso comenzó en 2015 durante los Talleres de Generación Espacial de América del Sur realizados en apoyo del Consejo Asesor de Generación Espacial de las Naciones Unidas. Durante el primer taller, realizado en Argentina, además de educación, divulgación, tecnología, investigación y simulación de la misión de Marte, también se discutió la creación de una agencia espacial para América del Sur. Sin embargo, durante el segundo taller en Perú en 2016, los estudios de astrobiología, la investigación espacial, las naciones espaciales emergentes, los nanosatélites y los *CubeSats* estuvieron en el centro del debate.

Muchos países de América del Sur que tienen la intención de continuar con sus programas espaciales entienden que el mejor método para compartir costos es combinar esfuerzos. Un esfuerzo conjunto podría seguir el modelo de la ESA: una colaboración basada en el PIB de cada nación. Este enfoque beneficiaría a todas las naciones, ya que permitiría la planificación y el desarrollo de misiones que ningún país puede realizar actualmente por sí solo. Si bien la idea y el concepto de la creación de una Agencia Espacial Sudamericana o una Agencia Espacial Latinoamericana son geniales, la implementación real enfrenta múltiples desafíos. La inestabilidad de los gobiernos puede afectar la participación, el compromiso y la financiación de la agencia. El marco legal para crear una agencia de este tipo también es un gran desafío, junto con tratar de encontrar las condiciones en las que todas las partes involucradas puedan lograr los resultados deseados. Además, las implicaciones legales de compartir tecnología e información deben ser acordadas de antemano dentro de sus países y de acuerdo con el derecho internacional. Las diferencias políticas también son un factor limitante, ya que la cooperación regional ha estado históricamente marcada por diferencias políticas. La sostenibilidad financiera o el compromiso a largo plazo con la agencia también podrían plantear problemas en el futuro, ya que algunos países pueden querer cambiar los términos y condiciones con el tiempo. Por último, las diferencias culturales po-

drían obstaculizar el desempeño y el establecimiento de una agencia, ya que muchos países latinoamericanos tienen antecedentes culturales muy distintos, y una misión conjunta requerirá que personas de diferentes profesiones y organizaciones trabajen juntas.⁵⁰

No obstante, 2020 marcó un hito en la creación de una agencia espacial regional. En octubre, Argentina y México acordaron la creación de la Agencia Espacial de América Latina y el Caribe (ALCE). Esta iniciativa fue el resultado de los esfuerzos de otra organización, la Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños, que se esfuerza por crear alianzas y compartir recursos entre múltiples países. Bolivia, Ecuador, El Salvador y Paraguay participarán activamente en este proyecto conjunto, que busca lanzar su primer satélite para fines de 2021 o 2022. Si bien el lanzamiento de satélites puede parecer insignificante en comparación con otros programas espaciales que envían personas al espacio, o misiones a la Luna y Marte, los países de América Latina dependen de los satélites para comunicaciones, monitoreo del clima, sistemas de navegación, desarrollo científico y defensa nacional, entre muchas otras aplicaciones. La creación de ALCE es una oportunidad regional para la libertad tecnológica. La agencia busca invertir en el desarrollo de satélites y futuras misiones espaciales importantes.⁵¹

Recomendaciones

Para establecer adecuadamente la ALCE, será importante comprender la historia de los países de la región, el entorno espacial actual y lo que cada nación está buscando en el futuro. Reunir a un número significativo de países con los mismos objetivos requerirá un marco teórico, legal y operativo que sirva de columna vertebral para la agencia, al igual que una constitución que mantiene unida a una república.⁵²

Un posible enfoque para generar más interés regional es implementar una política que proporcione un retorno de los recursos invertidos, como el modelo Geo-Return aplicado por la ESA, que permite la colaboración equitativa de cada miembro, en función de la inversión de cada actor. Compartir los costos será particularmente importante ya que muchas de las economías emergentes de América Latina tienen relativamente muy poco para invertir en tecnología y desarrollo. Por lo tanto, los proyectos de ALCE deben considerar la realidad de sus miembros y crear objetivos que estén a su alcance y sean asequibles. Distribuir tareas y compartir otros recursos también podría proporcionar muchos beneficios: oportunidades de becas, programas de capacitación, tecnología y el uso compartido de las instalaciones de laboratorio son algunos de los recursos que podrían distribuirse entre los miembros para minimizar la carga de un programa espacial sólido.⁵³

Por ejemplo, el presupuesto operativo de la ESA se divide en dos categorías: obligatorio y opcional. La categoría obligatoria incluye actividades esenciales de la agencia, como proyectos futuros, investigación en tecnología, inversiones técnicas, sistemas de información y programas de capacitación. Todos los miembros de la ESA deben contribuir a estos programas en función de su PIB. La categoría opcional incluye programas de observación de la Tierra, telecomunicaciones, navegación por satélite y transporte espacial. Los programas opcionales son voluntarios para que los miembros participen y asignen recursos. Los países que participan en la ESA contribuyen del 0,01 por ciento al 0,05 por ciento de su PIB.⁵⁴

ALCE debe comprender que para convertirse en una agencia espacial relevante e independiente se necesitarán años y muchos recursos; y requerirá, al menos al principio, trabajar junto con países avanzados que ya han adquirido los conocimientos y la tecnología necesarios para la exploración espacial. Además, cada país miembro de ALCE debe esforzarse por obtener el apoyo público de sus ciudadanos, ya que muchos expertos regionales todavía consideran los programas espaciales en América Latina como gastos innecesarios y, en cambio, abogan por que se inviertan recursos para combatir la pobreza y la desigualdad en la región.

El camino para seguir no es fácil y los próximos 10 a 20 años traerán muchos desafíos, debido a los diferentes orígenes culturales, los múltiples idiomas y las diversas visiones económicas y políticas de la región. Los próximos dos o tres años serán cruciales para consolidar una agencia espacial regional. La mayoría de los países de América Latina se enfrentan a luchas sociales y económicas, y la inversión en el espacio para muchos se dejará de lado para abordar problemas terrenales más urgentes. La cooperación latinoamericana exitosa en tecnología espacial representará más que satélites o misiones a la Luna o Marte: representará una clara declaración al mundo de que la región ha logrado una identidad científica y cultural.

Teniendo en cuenta el modelo de la ESA, ALCE debería crear una junta ejecutiva para priorizar las actividades espaciales con el fin de adaptarlas a las necesidades de la región, supervisar y evaluar la asignación de recursos, y proporcionar propuestas presupuestarias operativas básicas. Si bien ALCE no puede adoptar completamente el modelo de la ESA, puede usarlo como guía para formar una agencia con su propia identidad. Según el PIB de las naciones de América Latina y el Caribe, si todos los miembros contribuyen el 0,03 por ciento de su PIB para 2020, pueden reunir USD 2.003 millones. Esto representaría un aumento del 92 por ciento de los USD 157,6 millones asignados actualmente en la región en 2020. Durante muchos años, América Latina se ha concentrado en resolver problemas inmediatos; sin embargo, un impulso por la tecnología podría traer soluciones a largo plazo para muchos problemas. El desarrollo espacial es una inversión en el futuro que podría proporcionar una mejor tecnología, ayudar a la educación

en las zonas rurales, crear empleos diversos, atraer capital civil e internacional y brindar apoyo público. Los programas espaciales de hoy definirán los resultados del mañana. □

Notas

1. “Misiones Satelitales.” <https://www.argentina.gob.ar/ciencia/conae/misiones-espaciales>.
2. Esperbernt, C., y M Migliorati. “SAOCOM es el mayor desafío que ha tenido el país en el área satelital.” *Revista de investigaciones agropecuarias*, 13 Feb 2019. P. 280-285. <http://ria.inta.gob.ar/contenido/saocom-es-el-mayor-desafio-que-ha-tenido-el-pais-en-el-area-satelital>.
3. Thompson, Amy. “SpaceX launches Earth-observation satellite for Argentina, nails rocket landing.” (SpaceX lanza el satélite de observación de la Tierra para Argentina, acierta el aterrizaje del cohete), 30 de agosto de 2020. <https://www.space.com/spacex-saocom-1b-launch-rocket-landing-success.html>.
4. Pons, Juan. “Argentina and Italy complete construction of the first Euro-American space constellation for emergency management.” (Argentina e Italia fabrican la primera constelación espacial euroamericana para la gestión en casos de emergencia) 31 de agosto de 2020. <https://atalayar.com/en/content/argentina-and-italy-complete-construction-first-euro-american-space-constellation-emergency>.
5. Agencia Boliviana Espacial. “Historia.” 2021. <https://www.abe.bo/nosotros/historia/>.
6. Swinehart, Karl. “Decolonial Time in Bolivia’s Pachakuti.” (Tiempo de descolonización en el Pachakuti de Bolivia), *Signs and Society* 7 (1). 2019. P. 96-114. <https://www.journals.uchicago.edu/doi/full/10.1086/701117>.
7. Schneiderman, Bernardo. “*The Latin American Satellite Market*.” (El mercado de satélites en América Latina), *Satellite Markets & Research*. 2015. <http://www.satellitemarkets.com/pdf2015/latin-american-marketbrief.pdf>.
8. Natalia Indira Vargas-Cuentas, Avid Roman-Gonzalez. “Promotion Of Aerospace Technology in Bolivia.” (Promoción de la tecnología aeroespacial en Bolivia), 65th International Astronautical Congress – IAC 2014, Sep 2014, Toronto, Canada. pp.149 - 21366. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01086200/document>.
9. Harvey, B, T Pirard, y H Smid. “Emerging Space Powers: The New Space Programs of Asia, the Middle East and South-America.” (Potencias espaciales Emergentes: Programas de Asia, el Oriente Medio y América del Sur), Praxies Publishing Ltd. 2010. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/apus/reader.action?docID=666604>.
10. Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais. (Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales), “History.” 5 February 2018. <http://www.cbbers.inpe.br/sobre/historia.php>.
11. “Mars’ in the northeastern hinterland.” (Marte en la periferia del noroeste), 13 de abril de 2021. <https://www.gov.br/aeb/pt-br/assuntos/noticias/201cmarte201d-no-sertao-nordestino>.
12. “Virgin Orbit Selected to Bring Orbital Launch Capabilities to Brazil.” (Virgin Orbit seleccionada para traer a Brasil capacidades de lanzamiento orbital), 28 de abril de 2021. <https://virginorbit.com/the-latest/virgin-orbit-selected-to-bring-orbital-launch-capabilities-to-brazil/>.
13. Diaz, M A, j C Zagal, C Falcon, M Stepanova, J A Vladivia, M Martinez-Ledesma, J Diaz-Pena, y F R Jaramillo. “New opportunities offered by Cubesats for space research in Latin

America: The SUCHAI project case.” (Nuevas oportunidades ofrecidas por Cubesats para la investigación especial en América Latina: El proyecto SUCHAI), *Advances in Space Research* 58 (10). 2016. P. 2134–2147. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2016.06.012>.

14. “President Piñera announces new National Satellite System: ‘Chile takes a giant leap forward in its incorporation into the world of space’”. (El Presidente Piñera anuncia un nuevo Sistema Nacional Satelital: Chile da un paso gigante hacia adelante en su incorporación al mundo del espacio) Portal del Gobierno de Chile. 10 de octubre de 2020. <https://www.gob.cl/en/news/president-pinera-announces-new-national-satellite-system-chile-takes-a-giant-leap-forward-in-its-incorporation-into-the-world-of-space/>.

15. “What is GMT?” (¿Qué es el GMT?) Telescopio Gigante Magellan. 2021. <https://www.gmto.org/overview/#what-is-gmt>.

16. “Conoce la CCE.” Comisión Colombiana del Espacio. <http://cce.gov.co/comision>.

17. Urbina Carrero, Jonathan Camilo. “El Espacio, Futuro de la Fuerza Aérea Colombiana.” *Ciencia y Poder Aéreo: Revista Científica de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana* 12: 202–208. 2017. <https://publicacionesfac.com/index.php/cienciaypoderaereo/article/view/572/741>.

18. Joya Olarte, Raúl Andrés. “Satélite Libertad 1.” <https://www.usergioarboleda.edu.co/satelite-libertad-1/>.

19. Román, Víctor. “Colombia y Ecuador firman convenio para enviar misión a la Luna.” 6 de octubre de 2018. <https://www.elespectador.com/noticias/ciencia/colombia-y-ecuador-firman-convenio-para-enviar-mision-a-la-luna/>.

20. “SpaceX lanzará en 2022 dos satélites para Colombia.” *Semana*. 19 de febrero de 2021. <https://www.semana.com/economia/articulo/spacex-lanzara-en-2022-dos-satelites-para-colombia/202158/>.

21. “FACSAT 1.” Gunter’s Space Page. 23 March 2021. https://space.skyrocket.de/doc_sdat/facsat-1.htm.

22. “Colombia le apuesta a la industria espacial.” 14 de enero de 2020. <https://mlr.vicepresidencia.gov.co/Paginas/prensa/2019/Colombia-le-apuesta-a-la-industria-espacial.aspx>.

23. “Ecuador Pegasus Satellite Fears Over Space Debris Crash.” (Satélite Pegasus Ecuatoriano teme estrellarse con escombros en el espacio). 13 de mayo de 2013. <https://www.bbc.com/news/world-latin-america-22635671>.

24. “NEE 02 Krysaor.” Gunter’s Space Page (Página Espacial de Gunter). https://space.skyrocket.de/doc_sdat/nee-02-krysaor.htm.

25. “Ecuadorian Aerospace Advancement.” (Adelanto Espacial Ecuatoriano) Agencia Espacial Civil Ecuatoriana. 2008. <http://exa.ec/index-en.html>.

26. “LATCOSMOS.” Latin America and Caribbean Regional Group (Grupo Regional Latinoamericano y Caribeño). <https://www.latcosmos.org/latcosmos>.

27. “Antecedentes.” Agencia Espacial Mexicana. 24 de julio de 2011. https://web.archive.org/web/20110724225605/http://www.aemex.org/promotores_003.htm

28. “Morelos 1, 2.” 2017. Gunter’s Space Page. https://space.skyrocket.de/doc_sdat/morelos-1.htm.

29. Montaña Barbosa, Alejandro. “La trayectoria de México en la exploración espacial.” 16 de diciembre de 2015. <http://www.cienciamx.com/index.php/ciencia/universo/4714-historia-de-la-astronautica-en-mexico-del-sputnik-i-a-la-agencia-espacial-mexicana>.

30. "History." (Historia) EUTELSAT AMERICAS. <https://www.eutelsatamericas.com/en/group/eutelsat-americas.html#>.
31. "¿Qué hacemos?" Agencia Espacial Mexicana. <https://www.gob.mx/aem/que-hacemos>.
32. "Lanzará Space X Misión Satelital Internacional 'D2/ATLACOM-1'". 21 de marzo de 2021. <https://www.gob.mx/aem/articulos/lanzara-space-x-mision-satelital-internacional-d2-atlacom-1-267184?idiom=es>.
33. Duarte Muñoz, Carlos. "NanoConnect-2: México continúa su jornada hacia el espacio." 27 de febrero de 2021. <https://haciaespacio.aem.gob.mx/revistadigital/articul.php?interior=1136>.
34. Harding, Robert C. "Space Policy in Developing Countries: The Search for Security and Development on the Final Frontier." (Política espacial en países en vías de desarrollo: La búsqueda por la seguridad y el desarrollo en la frontera Final), Taylor & Francis Group. 2013. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/apus/detail.action?docID=1024631#>.
35. Gocłowska-Bolek, Joanna. "Latin American Space Research - Challenges and Opportunities." (Retos y Oportunidades de la Investigación Espacial Lationamericana), Transactions of the Institute of Aviation 4 (249). 2017. P. 22-32. <https://doi.org/10.2478/tar-2017-0026>.
36. "PerúSAT-1 Mission." Airbus. <https://www.airbus.com/space/earth-observation/perusat.html>.
37. "Uruguay Space Agencies." (Agencia Espacial Uruguay), GlobalSecurity.org. <https://www.globalsecurity.org/space/world/uruguay/agency.htm>.
38. "Creación, Misión y Funciones." Dirección Nacional de Aviación Civil e Infraestructura Aeronáutica, Uruguay. <https://www.dinacia.gub.uy/comunidad-aeronautica/2013-11-01-16-45-49/centro-de-investigacion-y-difusion-aeronautico-espacial-cida-e/item/81-creacion-y-mision-y-funciones.html#creaci%C3%B3n,-misi%C3%B3n-y-funciones>.
39. "ANTELSAT." N2YO. <https://www.n2yo.com/satellite/?s=40034>.
40. "AntelSat: El Espacio se Tiñe de Celeste." Universidad de la República-Uruguay. 19 de junio de 2014. <http://www.universidad.edu.uy/prensa/renderItem/itemId/35626>.
41. Lima, María Eugenia. "Uruguay Vuelve a Intentar Materializar una Agencia Espacial." 18 de agosto de 2020. <https://mundo.sputniknews.com/20200818/uruguay-vuelve-a-intentar-materializar-una-agencia-espacial-1092462286.html>.
42. Silva-Martinez, Jackelynne P, Andres D Aguilar, Bruno V Sarli, Monika J Pardo Spiess, Andreia F Sorice, Gino Genaro, y Oscar I Ojeda. "Exploring opportunities and challenges for establishing a South American Space Agency." (Explorando oportunidades y retos para establecer una Agencia Espacial Sudamericana) Acta Astronáutica 147. P. 473-488. 2018. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0094576516312127>.
43. Henry, Caleb. "Solar Array Problem Killed Venezuela's VeneSat-1, Officials Confirm." (Funcionarios confirman que problemas con panel solar aniquilaron el VeneSat-1 de Venezuela), 30 de marzo de 2020. <https://spacenews.com/solar-array-problem-killed-venezuelas-venesat-1-officials-confirm/>.
44. Rojas, Ymarú. "Venezuela pierde su satélite de telecomunicaciones, «joya de la corona» chavista." 2020. https://www.abc.es/internacional/abci-venezuela-pierde-satelite-telecomunicaciones-joya-corona-chavista-202004062030_noticia.html.
45. "Satélite Miranda (VRSS-1)." Tecnología Satelital de Venezuela. November 2012. <https://web.archive.org/web/20121101123046/http://www.mcti.gob.ve/Satelites/Miranda/>.
46. "VRSS 2 (Antonio José de Sucre)." Gunter's Space Page. 14 de septiembre de 2020. https://space.skyrocket.de/doc_sdat/vrss-2.htm.

47. Gocłowska-Bolek, Joanna. "Latin American Space Research - Challenges and Opportunities." *Transactions of the Institute of Aviation*. 4 (249). 2017. P. 22-32. <https://doi.org/10.2478/tar-2017-0026>.

48. Silva-Martinez, Jackelynne P, Andres D Aguilar, Bruno V Sarli, Monika J Pardo Spiess, Andreia F Sorice, Gino Genaro, y Oscar I Ojeda. "Exploring opportunities and challenges for establishing a South American Space Agency." *Acta Astronautica* 147. 2018. P. 473-488.

49. "Space in Africa." (El Espacio en África), *Presupuestos Espaciales Globales – Análisis a nivel de país*, 10 de marzo de 2021. <https://africanews.space/global-space-budgets-a-country-level-analysis/#:~:text=In%202018%2C%20the%20total%20global,216.27%20billion%20on%20space%20activities>.

50. Silva-Martinez, Jackelynne P, Andres D Aguilar, Bruno V Sarli, Monika J Pardo Spiess, Andreia F Sorice, Gino Genaro, y Oscar I Ojeda. "Exploring opportunities and challenges for establishing a South American Space Agency." *Acta Astronautica* 147. P. 473-488. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0094576516312127?via%3Dihub>

51. Vidal Valero, Myriam. "Latin America's Moonshot." (El disparo de América Latina hacia la Luna) 6 de mayo de 2021. <https://slate.com/technology/2021/05/latin-american-caribbean-space-agency-future.html>.

52. Ibid.

53. Silva-Martinez, Jackelynne P, Andres D Aguilar, Bruno V Sarli, Monika J Pardo Spiess, Andreia F Sorice, Gino Genaro, y Oscar I Ojeda. "Exploring opportunities and challenges for establishing a South American Space Agency." *Acta Astronautica* 147. P. 473-488. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0094576516312127?via%3Dihub>

54. "ESA budget 2021." (Presupuesto ESA 2021), 14 de enero de 2021 https://www.esa.int/Newsroom/ESA_budget_2021.



Sargento Primero Joseph Guzmán, USAF

Joseph Guzmán (BS, University of Maryland University College; MS, American Military University) ha servido en la Fuerza Aérea de los Estados Unidos desde 2006. Actualmente es Jefe de Sección en Operaciones de Combustibles, 60avo Escuadrón de Preparación Logística, Base Aérea Travis, California. Sus responsabilidades incluyen la supervisión de una de las operaciones criogénicas y de combustible para aviones más grandes de la costa oeste y del Departamento de Defensa. Guzmán es recién egresado en Estudios Espaciales con especialización en Ciencias Aeroespaciales. Dado su origen hispano y su pasión por el espacio, su investigación académica se ha centrado en los programas espaciales en América Latina. Ha sido parte del Programa de Habilitación de Aero-técnicos en Español (LEAP) y ha apoyado misiones en Uruguay y Colombia. Además, su carrera incluye misiones en Turquía y Afganistán.