

Exploración espacial y desarrollo

Oportunidades para Latinoamérica.

DOI: 10.29236/sistemas.n174a8

Oscar Iván Ojeda

I. Introducción

El sector aeroespacial es una industria de gran relevancia económica y tecnológica, con un valor de mercado aproximado de 400 mil millones de dólares en 2024. Como cualquier otro sector industrial, impulsa la innovación, la generación de empleo y el desarrollo tecnológico, facilitando avances que fortalecen otras industrias, como la agricultura, las telecomunicaciones y la salud. Sin embargo, a menudo se le percibe como un ámbito reservado para unas pocas naciones, cuando en realidad su relevancia se extien-

de a países en desarrollo, que pueden beneficiarse de sus aplicaciones y oportunidades económicas. Además, el manejo de activos orbitales y datos espaciales es clave para abordar problemáticas como el control territorial, la gestión de recursos naturales y la seguridad nacional.

II. El Impacto del Sector Aeroespacial en la Vida Cotidiana

Probablemente muchas personas no sean conscientes de cuánto dependen de aplicaciones espaciales

en su vida diaria, pero basta con observar un teléfono móvil para encontrar múltiples tecnologías derivadas del sector aeroespacial.

Muchas tecnologías aeroespaciales han transformado nuestra vida diaria, aunque su impacto a menudo pasa desapercibido. Los sistemas de navegación satelital permiten el funcionamiento de aplicaciones de transporte y logística, optimizando rutas y reduciendo costos operativos. La observación de la Tierra mediante satélites ha revolucionado la agricultura de precisión, posibilitando la gestión eficiente de cultivos mediante el monitoreo en tiempo real de factores como humedad del suelo y estrés hídrico.

En el ámbito de las telecomunicaciones, los satélites garantizan la conectividad global, facilitando desde transacciones bancarias hasta la transmisión de datos en redes de emergencia. Además, la miniaturización y optimización de hardware desarrollado para el espacio han impulsado avances en sensores y materiales, beneficiando dispositivos médicos, equipos de imagenología y la industria de la electrónica de consumo. Estos ejemplos demuestran que el sector aeroespacial no solo impulsa la exploración del cosmos, sino que también genera innovaciones que fortalecen otras industrias y mejoran nuestra calidad de vida.

Más allá del hardware, el verdadero valor de los sistemas aeroespa-

ciales radica en la información que generan en contextos específicos.

La capacidad de recopilar datos del clima, la geolocalización y las condiciones ambientales es esencial para la toma de decisiones en múltiples industrias, desde la gestión de desastres naturales hasta la optimización de infraestructuras urbanas. En este sentido, organismos internacionales como la COPUOS (Committee on the Peaceful Uses of Outer Space) han promovido la cooperación global en la utilización de datos espaciales para el beneficio de todos los países.

Para aprovechar estos beneficios, es crucial aprender a manejar estas tecnologías e integrarlas en la economía, la educación y la investigación. La formación de talento especializado en ciencia y tecnología espacial no solo permite el desarrollo de nuevas aplicaciones comerciales y científicas, sino que también fortalece la soberanía tecnológica al reducir la dependencia de servicios externos. Instituciones académicas y programas de formación deben incorporar conocimientos sobre geoespacialidad, telecomunicaciones satelitales y teledetección para preparar a futuras generaciones en el uso estratégico de estas herramientas.

En un mundo donde el acceso a datos espaciales es clave para el control territorial, la seguridad nacional y la gestión de recursos naturales, desarrollar capacidades propias en

la recolección y análisis de información satelital se convierte en una prioridad estratégica para cualquier nación. La colaboración con organismos internacionales y la implementación de políticas educativas orientadas a la capacitación en tecnologías espaciales permitirán a los países en desarrollo integrarse de manera más efectiva en la economía espacial global, asegurando su competitividad y autonomía en esta área fundamental.

III. El Viaje Espacial Tripulado: Más que Ciencia Ficción

Existen áreas en las que la presencia humana en el espacio sigue siendo insustituible. Mientras que los sistemas robóticos han avanzado considerablemente, las capacidades cognitivas, la toma de decisiones en tiempo real y la adaptabilidad de los humanos permiten realizar en horas tareas que a los robots les tomaría meses. Desde el lanzamiento de Yuri Gagarin en 1961 hasta la actualidad, los logros en este campo han sido impresionantes. La llegada a la Luna con las misiones Apolo marcó un hito en la exploración espacial, demostrando la viabilidad del vuelo humano más allá de la órbita terrestre.

Posteriormente, la creación de estaciones espaciales como la MIR y la Estación Espacial Internacional (ISS) ha permitido la investigación en microgravedad, facilitando avances en medicina, biotecnología, desarrollo de nuevos materia-

les y experimentación en vida sostenible en el espacio. Además, la creciente participación del sector privado en la ISS y los planes para futuras estaciones espaciales comerciales abren nuevas oportunidades para la exploración y explotación de recursos en el espacio profundo.

Hoy en día, el sector privado juega un papel clave en la exploración espacial. La NASA ha impulsado este desarrollo a través de su programa de proveedores comerciales, que ha permitido a empresas privadas desarrollar lanzadores comerciales, fabricar componentes avanzados para misiones espaciales y ofrecer vuelos tripulados. Este enfoque ha dinamizado el ecosistema aeroespacial y ha fomentado avances tecnológicos significativos en la industria privada, reduciendo costos y aumentando la accesibilidad al espacio. Gracias a estas innovaciones, países e instituciones que antes no tenían capacidades espaciales ahora pueden acceder a infraestructura y servicios sin necesidad de desarrollarlos desde cero. Sin embargo, esta apertura también plantea la necesidad de estrategias para proteger la soberanía tecnológica y garantizar que el acceso a estos recursos no genere nuevas dependencias, sino que fortalezca la autonomía y el desarrollo de capacidades locales en el sector espacial.

A pesar de los avances globales en exploración espacial, Latinoaméri-

ca sigue estando en gran medida desconectada de esta dinámica. La falta de información y divulgación científica ha contribuido a la percepción de que estos desarrollos pertenecen exclusivamente a las potencias espaciales, cuando en realidad sus implicaciones son relevantes para toda la humanidad.

Temas como el regreso a la Luna, la exploración de Marte, la minería espacial y la defensa planetaria pueden tener un impacto significativo en la región, desde la optimización del uso de recursos naturales hasta el fortalecimiento de la seguridad y la economía. Para aprovechar estas oportunidades, es fundamental fortalecer la cultura científica y espacial, así como generar estrategias que permitan una participación más activa en el desarrollo de tecnologías espaciales y su aplicación en la solución de problemáticas locales.

Se podría pensar que agencias como la NASA o la ESA ya han resuelto todos los desafíos para misiones a Marte, pero la realidad es que aún enfrentan retos significativos. La radiación espacial y la exposición prolongada a microgravedad representan riesgos para la salud de los astronautas, afectando su densidad ósea, masa muscular y sistema inmunológico. Además, la producción de alimentos en el espacio sigue siendo un desafío crítico, requiriendo el desarrollo de sistemas de cultivo sostenibles en entornos cerrados y de baja gravedad. La co-

municación entre Marte y la Tierra también presenta limitaciones debido al retraso en la transmisión de señales, lo que complica la toma de decisiones en tiempo real. Sin embargo, estas dificultades han impulsado innovaciones aplicables en la Tierra, como mejores diagnósticos y tratamientos médicos basados en estudios de adaptación fisiológica, así como técnicas avanzadas de agricultura de precisión para optimizar el uso de agua y nutrientes. Más allá de los beneficios tecnológicos, la exploración espacial también refleja lo mejor del espíritu humano: la colaboración internacional, la resiliencia y la búsqueda del conocimiento. Estos desafíos tienen el potencial de unirnos como especie en la consecución de metas comunes, por lo que es fundamental que Latinoamérica tenga una voz en estos procesos y participe activamente en la expansión del conocimiento y la innovación espacial.

IV. Análogos Espaciales y el Caso de Colombia

Ante los numerosos desafíos y aspectos aún desconocidos en el futuro de la exploración espacial, es fundamental contar con escenarios que permitan probar a menor costo y riesgo diversas tecnologías, metodologías y estrategias operativas. En este contexto, surgen los análogos espaciales, que son entornos en la Tierra que replican en una o más características las condiciones de un ambiente espacial,

permitiendo la evaluación de sistemas de soporte vital, la adaptación fisiológica y psicológica de los astronautas y el desarrollo de protocolos operativos en entornos extremos. Estos lugares incluyen hábitats submarinos, desiertos con condiciones extremas y cámaras de aislamiento prolongado, diseñados para simular distintos aspectos del espacio. Existen misiones análogas de diversas duraciones, algunas de hasta 500 días, organizadas por agencias espaciales como la NASA y la ESA, así como por entidades privadas y centros de investigación, con el fin de ensayar misiones futuras a la Luna, Marte y otros destinos del espacio profundo. Estos experimentos han permitido evaluar tecnologías para exploración extraplanetaria, probar estrategias de cultivo en entornos controlados y analizar los efectos psicológicos del confinamiento, contribuyendo significativamente al desarrollo de la exploración espacial tripulada y a la mitigación de riesgos en misiones de larga duración.

Colombia también ha incursionado en este tipo de iniciativas. La Fundación Cydonia, una organización sin ánimo de lucro, ha desarrollado el Hábitat Análogo de Exploración Espacial Simulada, HAdEES-C, una estación de 178m² ubicada en una zona rural al norte de la ciudad de Bogotá D.C. en Colombia. La Estación está conformada por 5 estructuras habitables que incluyen los dormitorios, una cocina, una es-

clusa, un invernadero con el baño, y un domo principal el cual contiene un laboratorio de ingeniería, otro de geobiología, zona de trabajo, y zona de ejercicio. El hábitat está diseñado para recibir tripulaciones de hasta 7 integrantes, con duraciones estándar de dos semanas.

Buscando simular las condiciones de una estación planetaria en la Luna o Marte, la estación simula restricciones de recursos tales como agua y electricidad, la dieta está restringida a comidas secas, deshidratadas o de larga vida, y las comunicaciones están limitadas en modalidad y ancho de banda. Los tripulantes estarán confinados en el hábitat y podrán realizar actividades extravehiculares haciendo uso de simuladores de traje espacial.

Hasta la fecha, HAdEES-C ha recibido siete tripulaciones, incluyendo participantes internacionales, quienes han desarrollado investigaciones en áreas como psicología, factores humanos, robótica y biotecnología, entre otros campos, contribuyendo así al avance del conocimiento en exploración espacial.

Para países en desarrollo como Colombia, realizar misiones análogas es una estrategia clave para fortalecer sus capacidades espaciales sin incurrir en los altos costos de misiones orbitales. Estas experiencias permiten la preparación de personal altamente capacitado en operaciones espaciales, facilitando

el entrenamiento en protocolos de seguridad, planificación de misiones y resolución de problemas en entornos extremos. Además, estos programas brindan la oportunidad de experimentar con tecnologías de soporte vital, sistemas de generación de energía y procesos de cultivo en condiciones controladas, lo que puede traducirse en avances aplicables a sectores estratégicos como la salud, la agroindustria y la gestión de recursos naturales.

También, participar en estas iniciativas posiciona al país en la esfera internacional, facilitando colaboraciones con agencias espaciales y empresas del sector aeroespacial, lo que abre puertas a acuerdos tecnológicos y comerciales que pueden acelerar el desarrollo de infraestructura y capacidades nacionales.

El desarrollo de capacidades espaciales en Colombia puede generar múltiples beneficios estratégicos y económicos. La implementación de tecnologías espaciales puede facilitar el monitoreo ambiental, la optimización de la gestión agrícola mediante imágenes satelitales y la modernización de los sistemas de telecomunicaciones. Asimismo, la inversión en investigación y desarrollo en el sector aeroespacial puede fortalecer la biotecnología, promoviendo innovaciones en medicina y farmacología basadas en experimentos realizados en microgravedad. Además, la creación de programas educativos y de formación

en disciplinas aeroespaciales contribuirá a la generación de talento altamente capacitado, fortaleciendo la competitividad del país en el ámbito científico y tecnológico.

Finalmente, al integrar estas capacidades en la agenda de desarrollo, Colombia podrá fortalecer su autonomía en el uso de datos espaciales y en la toma de decisiones estratégicas para la seguridad y el manejo de sus recursos naturales.

V. Conclusión

El sector aeroespacial no es un ámbito ajeno a los países en desarrollo; por el contrario, sus avances tecnológicos han demostrado ser impulsores clave de innovación y crecimiento económico. La exploración espacial tripulada sigue siendo un área estratégica con impactos directos en la ciencia, la tecnología y la economía global. Para Latinoamérica, la participación en este sector representa una oportunidad para diversificar su matriz productiva, fortalecer sus capacidades científicas y tecnológicas, y generar nuevas industrias basadas en el conocimiento. Sin embargo, para aprovechar estos beneficios, es imprescindible fomentar la educación en disciplinas STEM, fortalecer la cultura científica y desarrollar políticas que impulsen la integración de la región en la economía espacial.

Además, la exploración espacial y el desarrollo tecnológico asociado

han dado lugar a aplicaciones prácticas en múltiples sectores, desde la salud y la biotecnología hasta la agricultura y la gestión de recursos naturales. Los retos que enfrentamos en la expansión humana al espacio, como la producción sostenible de alimentos, la adaptación fisiológica a ambientes extremos y la optimización de la comunicación en entornos hostiles, tienen correlatos directos en problemáticas terrestres que afectan a países como Colombia. Invertir en capacidades es-

paciales no solo permite generar conocimiento y tecnología de vanguardia, sino que también puede traducirse en mejoras tangibles para la vida cotidiana y en el desarrollo de soluciones innovadoras a desafíos locales y globales. La cuestión ya no es si debemos participar, sino cómo hacerlo de manera estratégica y efectiva para asegurar un futuro en el que Latinoamérica tenga una voz y un rol activo en la exploración y el aprovechamiento del espacio. 🌐

Oscar Iván Ojeda. *Bogotano, Ingeniero mecánico de la Universidad Nacional de Colombia con Maestría en ingeniería aeroespacial de la Universidad de Purdue, Lafayette, Indiana, cursando una especialización en Cooperación Internacional en la Universidad Externado. Oscar se desempeña como director de la Fundación Cydonia, organización colombiana sin ánimo de lucro que busca promover y desarrollar el campo espacial en Colombia y Latinoamérica. A través del grant de iniciativas espaciales del Space Generation Advisory Council, fue desarrollador líder de la primera estación análoga colombiana, del Simulador de Traje Espacial Cóndor, así como líder del proyecto Participation of Emergent Space Countries – Colombia, del Moon Village Association. Oscar también es miembro de la junta directiva de la Sociedad Nacional Espacial Colombia en la dirección de ciencia e integrante del equipo de la línea aeroespacial de la Dirección de Ciencia del Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación de Colombia. Oscar se ha desempeñado como docente en la Universidad de América y la Universidad de Antioquia, y ha sido punto nacional de contacto de Colombia y coordinador regional de Sur América para el Space Generation Advisory Council.*