



15 years ESJ
Special edition

Análisis de las dimensiones económica, social y ambiental de la sostenibilidad en las estrategias de las principales empresas de turismo espacial

Yamilet Azucena Morales Fuentes
Lisette Farah Simón

Facultad de Contaduría y Administración, UNAM, México

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n38p109](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n38p109)

Submitted: 06 August 2024
Accepted: 05 November 2024
Published: 08 February 2025

Copyright 2025 Author(s)
Under Creative Commons CC-BY 4.0
OPEN ACCESS

Cite As:

Morales Fuentes Y.A. & Farah Simón L. (2025). *Análisis de las dimensiones económica, social y ambiental de la sostenibilidad en las estrategias de las principales empresas de turismo espacial*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (38), 109.

<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n38p109>

Resumen

Este estudio examina las estrategias de sostenibilidad implementadas por *SpaceX*, *Blue Origin* y *Virgin Galactic* en el contexto del turismo espacial emergente. A partir de una revisión de la bibliografía académica sobre las prácticas y políticas sostenibles de las empresas, así como de la consulta de sus sitios web oficiales, se realiza un análisis de las dimensiones económica, social y ambiental de la sostenibilidad con el fin de evaluar el compromiso de las principales empresas de turismo espacial con la reducción de costos, la inclusión social y la mitigación del impacto ambiental. El estudio concluye que, si bien se han realizado progresos notables, para lograr una sostenibilidad integral en el turismo espacial se requiere un enfoque más holístico y colaborativo que aborde de manera equitativa las dimensiones de la sostenibilidad.

Palabras clave: Turismo espacial, sostenibilidad, SpaceX, Blue Origin, Virgin Galactic

Analysis of the economic, social and environmental dimensions of sustainability in the strategies of the main space tourism companies

Yamilet Azucena Morales Fuentes

Lisette Farah Simón

Facultad de Contaduría y Administración, UNAM, México

Abstract

This study examines the sustainability strategies implemented by SpaceX, Blue Origin and Virgin Galactic in the context of emerging space tourism. Based on a review of the academic literature on the companies' sustainable practices and policies as well as consultation with the companies' official websites, an analysis of the economic, social and environmental dimensions of sustainability is conducted to assess the commitment of the leading space tourism companies to cost reduction, social inclusion and environmental impact mitigation. The study concludes that while notable progress has been made, achieving comprehensive sustainability in space tourism requires a more holistic and collaborative approach that equitably addresses the dimensions of sustainability.

Keywords: Space tourism, sustainability, SpaceX, Blue Origin, Virgin Galactic

Introducción

El turismo espacial representa una industria emergente y fascinante que ha capturado la atención de la comunidad espacial y de la aviación debido a su potencial de ofrecer experiencias únicas y alternativas innovadoras a las rutas de vuelo tradicionales. La creciente saturación de pasajeros en aerolíneas y el avance tecnológico en el ámbito espacial han impulsado el desarrollo de esta nueva frontera turística. Este estudio se propone analizar de qué manera las principales empresas de turismo espacial (*SpaceX*, *Blue Origin* y *Virgin Galactic*) han incorporado las dimensiones económica, social y ambiental de la perspectiva sostenible en sus operaciones.

La delimitación a las empresas *SpaceX*, *Blue Origin* y *Virgin Galactic* para realizar el análisis se justifica por su prominencia en la industria y sus enfoques hacia la sostenibilidad. *SpaceX*, fundada por Elon Musk, ha sido pionera en la reutilización de cohetes y en la reducción de costos de lanzamiento. *Blue Origin*, creada por Jeff Bezos, ha centrado sus esfuerzos en hacer los viajes espaciales más accesibles y sostenibles. *Virgin Galactic*,

liderada por Richard Branson, se ha enfocado en ofrecer experiencias suborbitales con énfasis en la sostenibilidad ambiental y social.

La metodología empleada para este análisis incluyó una revisión de la literatura académica a partir de reportes y artículos relevantes sobre las prácticas y políticas sostenibles de las empresas así como la consulta de los sitios web oficiales de las mismas. Esta aproximación permitió una comprensión holística y detallada de las estrategias de sostenibilidad adoptadas por estas empresas.

El presente planteamiento parte de la premisa de que estas empresas se centran predominantemente en el cumplimiento de objetivos económicos, mientras que los componentes sociales y ambientales se integran de forma limitada, lo que dificulta una representación integral de las tres dimensiones de la sostenibilidad dentro de su estrategia corporativa.

El contexto actual del turismo espacial muestra una industria en rápida evolución, impulsada por innovaciones tecnológicas y una creciente demanda de experiencias únicas. Sin embargo, esta expansión también enfrenta desafíos significativos, incluidos los riesgos ambientales, la falta de regulación y la percepción de elitismo. Este análisis pretende evidenciar cómo las empresas líderes están abordando estos desafíos y adoptando estrategias sostenibles para equilibrar sus objetivos económicos con la responsabilidad social y ambiental.

Evolución y contexto actual del turismo espacial

Actualmente el turismo espacial está emergiendo como una industria cada vez más fascinante y atractiva tanto para la comunidad espacial como para la industria de la aviación, especialmente a medida que el número de pasajeros aéreos sigue en aumento y las aerolíneas se enfrentan a una creciente saturación. Esto ha llevado a que la opinión pública perciba el turismo espacial como una forma de entretenimiento y, al mismo tiempo, como una opción que ofrece la ventaja adicional de acceder a rutas de vuelo alternativas (Bukley et al., 2015). Pero en una visión más amplia, el turismo espacial se ha considerado “como el siguiente paso en la expansión del turismo” (Cohen, 2017, p. 21).

El turismo espacial hace referencia a cualquier viaje en el espacio con fines recreativos. Los viajes espaciales se refieren normalmente a los viajes con tripulación y a menudo se utilizan para describir los viajes espaciales de los ciudadanos. En concordancia con lo anterior, Padhy y Padhy (2021) definen al turismo espacial como “cualquier actividad de naturaleza comercial que proporcione a los participantes la experiencia de viajar al espacio exterior. Los participantes en vuelos que emprenden tales actividades de turismo espacial con fines recreativos se denominan ‘turistas espaciales’” (p. 265). Por su parte, Masson-Zwaan y Freeland (2010) definen el turismo espacial como

“cualquier actividad comercial que ofrezca a los clientes directa o indirectamente una experiencia con viajes espaciales”, mientras que el turista espacial es definido por estos autores como “alguien que recorre o viaja hacia, o a través del espacio o de un cuerpo celeste por placer y/o recreación” (pp. 1590-1591).

Debido al notable avance tecnológico en el ámbito espacial, el transporte de pasajeros al espacio exterior a través del turismo espacial comercial privado ha dejado de ser una fantasía en la actualidad. El desarrollo de vehículos de lanzamiento reutilizables (RLV) y la creciente participación de empresas privadas como *Virgin Galactic*, *SpaceX* y *Blue Origin* en la investigación y financiamiento de exploraciones relacionadas con el turismo espacial son ejemplos de este avance. En este sentido, estas empresas han contribuido en el desarrollo del nuevo negocio aeroespacial en el que no sólo se busca enviar astronautas profesionales de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA, por sus siglas en inglés), sino a personas comunes, con los recursos suficientes para financiar los vuelos y con deseos de nuevas experiencias (Van Pelt, 2005).

Es importante tener en cuenta que estos acontecimientos son el resultado de los avances en la exploración del espacio durante décadas, especialmente gracias al desarrollo de tecnología impulsada principalmente por intereses militares y políticos durante la competencia entre las dos superpotencias, Estados Unidos (EE.UU.) y la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), en la Guerra Fría. La carrera espacial de estas naciones marcó hitos significativos en la exploración espacial como el primer vuelo orbital de Yuri Gagarin en 1961 y el aterrizaje del Apolo 11 en la Luna en 1969.

Sin embargo, tras la caída de la URSS, la carrera espacial quedó suspendida, hubo un menor apoyo público y se establecieron restricciones presupuestarias del programa espacial estadounidense que terminaron por ralentizar los viajes y la exploración espacial. Es así como a partir del año 2000, la iniciativa para el desarrollo del turismo espacial fue desarrollada por el sector privado (Cohen, 2017). Esta incursión del sector privado ha sido impulsada principalmente porque la exploración espacial ofrece múltiples oportunidades de negocio que van desde el transporte de pasajeros en vuelos espaciales comerciales hasta la explotación de recursos naturales en otros cuerpos celestes.

Muchos autores han destacado el sinfín de beneficios potenciales relacionados con el ascenso de la industria del turismo espacial, entre los cuales se encuentran oportunidades para la creación, innovación y validación de tecnología, así como la realización de una amplia gama de experimentos de investigación científica y educativa relacionados con el espacio exterior (Bukley et al., 2015). Sin embargo, en la actualidad existen diversos retos para

la industria, tales como la madurez tecnológica, requisitos médicos, viabilidad comercial, nuevos modelos de negocio, desafíos económicos y políticos y los problemas regulatorios (Bukley et al., 2015; Cohen, 2017; Masson-Zwaan y Freeland, 2010; Padhy y Padhy, 2021; Spector et al., 2017). Por esta razón, Bukley et al., (2015) argumentan que “abordar todo el alcance de esta gran variedad de cuestiones justifica un enfoque sistemático y completo, compartido por todas las partes interesadas” (p. 107).

Además de los retos tecnológicos inherentes, existe un vacío legal internacional con relación a la industria del turismo espacial que propicia que se ponga en riesgo la seguridad de los turistas espaciales, se proliferen daños medioambientales irreversibles y haya un aumento de la basura espacial (Cohen, 2017; Masson-Zwaan y Freeland, 2010; Peeters, 2018). Otro reto de la industria del turismo espacial es que cualquier accidente relacionado con los vuelos, perjudica la imagen de la empresa que esté desarrollando los vehículos.

De igual forma, existen riesgos empresariales, de inversión y financieros en el negocio del turismo espacial debido a que la industria aún se encuentra en desarrollo. Con relación a los riesgos políticos, el turismo espacial suele considerarse elitista en tanto se considera que el apoyo a las empresas de turismo espacial beneficia y financia a los multimillonarios (Bukley et al., 2015).

Asimismo, de acuerdo con Spector et al. (2017) “la movilidad espacial parece haber escapado en gran medida a la atención crítica de los estudiosos del turismo sostenible. Mientras tanto, el sector de los vuelos espaciales comerciales se ha desarrollado rápidamente” (p. 273). Por un lado, algunos argumentos giran en torno a la importancia de fomentar el turismo espacial como una alternativa para explorar nuevos hogares potenciales para los seres humanos fuera del planeta y, de esta forma, sostener la vida en el futuro dadas las actuales condiciones medioambientales en las cuales se encuentra la Tierra.

El turismo espacial puede ser el próximo paso en la evolución de una civilización basada en la Tierra a otra basada en el sistema solar. Puede hacer que los costes de acceso al espacio sean mucho más bajos y que los vuelos espaciales humanos se conviertan en parte de la vida cotidiana. El turismo espacial podría ser esencial para que nos convirtamos en una especie interplanetaria y, por tanto, crucial para nuestra supervivencia (Van Pelt, 2005, p. 9).

Collins y Autino (2010) argumentan que el espacio proporciona acceso a recursos energéticos económicos, minerales preciosos y otros recursos, así como la capacidad de utilizar satélites para monitorear el clima terrestre. Otros autores han argumentado que la prolongación de la presencia humana en el espacio, limitada hasta ahora mayoritariamente a la explotación robótica,

justifica en sí mismo la exploración espacial (Genta y Rycroft, 2003; Launius, 2006, citados en Spector et al., 2017). También se ha señalado que los beneficios de la exploración espacial pueden ser impredecibles y colaterales, por ejemplo el programa Apolo, el cual generó numerosos avances científicos y tecnológicos a pesar de que su motivación inicial fue política y no científica (Launius, 2006, citado en Spector et al., 2017). Incluso se ha argumentado que “la colaboración humana para colonizar el espacio podría impulsar el empleo y estimular el crecimiento económico” (Spector et al., 2017, p. 279).

No obstante, contrario a los argumentos de quienes ven en el espacio la salvación de la humanidad, otras perspectivas han criticado esta visión y han sostenido que los efectos negativos que ha causado la humanidad en la Tierra serán extendidos al espacio ultraterrestre (Dickens y Ormrod, 2007).

el turismo espacial puede ser un desastre medioambiental, debido a factores como la emisión de carbono a gran altura, el daño a los entornos de los cuerpos celestes, incluso modificándolos para que imiten a los de la Tierra (lo que se conoce como terraformación), la contaminación del espacio exterior con basura y el uso del espacio para promover hegemonías políticas y una posible militarización (Frost y Frost, 2022, p. 2256).

Algunos estudios han demostrado que, si se realizaran 1,000 lanzamientos de vuelos espaciales al año, el impacto ambiental sería equivalente al de toda la industria de aviación en la actualidad debido a la liberación a gran altura de "carbono negro", una sustancia particularmente dañina. Asimismo, estos 1,000 lanzamientos podrían duplicar el actual aumento de la temperatura global debido a que tendrían un efecto de hasta 1 °C. Por el lanzamiento de un solo cohete espacial se generan las emisiones de CO₂ equivalentes a casi 400 vuelos transatlánticos al año (Peeters, 2018; Ross et al., 2010).

Por otra parte, de acuerdo con Peeters (2018) la idea de colonizar el espacio implica una cuestión moral dado que “la colonización de otros lugares requiere una especie de selección de los que se quedan atrás. Una selección que, lógicamente, equivale a una selección de los que, en última instancia, perecerán en un mundo moribundo” (p. 6), muy similar a lo que ilustra la película de Adam Mckay *Don't Look Up*.

Desde esta perspectiva, el turismo espacial es percibido como una industria insostenible debido al sinfín de riesgos que conlleva entre los cuales destacan los riesgos medioambientales debido a las exorbitantes emisiones de dióxido de carbono a gran escala (Frost y Frost, 2022; Kim et al., 2024; Peeters, 2018). A esto debe sumarse que, debido a que se trata de una industria en proceso de consolidación y que hasta hace solo unos años no había tenido lugar un vuelo con fines meramente comerciales, la regulación es inexistente.

Como ya se mencionó, el vacío legal internacional con relación a la industria del turismo espacial podría propiciar que se ponga en riesgo la seguridad de los turistas espaciales, se proliferen daños medioambientales irreversibles y exista un aumento de la basura espacial.

Planteado lo anterior y para los fines del presente trabajo, la cuestión medioambiental merece especial atención debido a que ante el posible incremento en el número de turistas espaciales, la contaminación ambiental en el espacio exterior sería exponencial. Al respecto, se ha estimado que las actividades relacionadas con el turismo espacial tendrán un impacto significativo en el medio ambiente terrestre, ya que se prevé que los vehículos utilizados en este tipo de turismo se conviertan en una de las principales fuentes mundiales de emisiones de dióxido de carbono en un futuro próximo (Masson-Zwaan Freeland, 2010).

Por esta razón, es de suma importancia analizar la manera en la que las empresas de turismo espacial han incorporado las dimensiones económica, social y ambiental de la perspectiva sostenible en sus operaciones. Kim et al., (2024) resaltan que “para que el turismo espacial sea más sostenible, el sector debe potenciar las innovaciones tecnológicas sostenibles y contribuir al conocimiento de las perspectivas de sostenibilidad relacionadas con el espacio” (p. 3).

Principales actores en el mercado del Turismo Espacial

En los últimos años se han creado muchas empresas en el sector, no obstante, solo mencionaremos algunas de ellas a continuación. *Virgin Galactic*, fundada por Sir Richard Branson en 2004 es una empresa destacada en el mercado del turismo espacial. Utiliza *SpaceShipTwo*, una nave espacial lanzada desde *WhiteKnight Two*, para llevar a los pasajeros a la frontera del espacio, donde experimentan unos minutos de ingravidez antes de regresar en planeo controlado. De esta manera, *Virgin Galactic* tiene como objetivo ofrecer vuelos suborbitales para turistas espaciales y para misiones científicas (Scott, 2018).

El 10 de agosto de 2023 la empresa *Virgin Galactic* logró un hito en el turismo espacial al completar su primer vuelo comercial al espacio suborbital. En este histórico vuelo, tres turistas espaciales, quienes pagaron 450 mil dólares por su lugar en el vuelo “*Galactic 02*”, alcanzaron la línea de Kármán, la cual corresponde al límite de la atmósfera y el comienzo del espacio exterior y se encuentra a una altura de más de 80 km por encima de la superficie de la Tierra (Milo, 2023).

Space Exploration Technologies Corporation, también conocida como *SpaceX*, es una empresa con sede en Hawthorne (California) en los Estados Unidos, que ofrece servicios de transporte espacial y fabricación aeroespacial. Fue fundada por el multimillonario Elon Musk en 2002 con el objetivo de

facilitar la colonización de Marte al disminuir los costos de los viajes espaciales. La nave de carga *Dragon*, la constelación *Starlink* y varios vehículos de lanzamiento han sido creados por *SpaceX*. El 14 de marzo de 2024, en su tercer vuelo de prueba, *SpaceX* lanzó con éxito el cohete *Starship*, caracterizado por ser uno de los vehículos de lanzamiento más poderosos debido a que alcanzó alturas y velocidades no registradas hasta el momento.

Blue Origin, fundada en el año 2000 por Jeff Bezos, tiene por objeto que los viajes espaciales sean más accesibles y económicos. Su vehículo *New Shepard* es un sistema de despegue y aterrizaje vertical diseñado para vuelos suborbitales que incluye una cápsula reutilizable para seis astronautas y un propulsor separado que aterriza de manera autónoma. Los logros de *Blue Origin* incluyen vuelos de prueba exitosos y avances en tecnologías de propulsión, las cuales mencionaremos más adelante (Scott, 2018).

XCOR Aerospace, con sede en California, es otra empresa de turismo espacial que se dedica al desarrollo del *Lynx* y *Lynx II*, vehículos suborbitales diseñados para despegue y aterrizaje horizontal. Estos vehículos están diseñados para transportar pasajeros y carga útil en vuelos suborbitales de aproximadamente media hora, alcanzando altitudes de alrededor de 100 km antes de regresar al sitio de despegue. *XCOR* se enfoca en vehículos de lanzamiento reutilizables y sistemas de propulsión de cohetes, ha desarrollado numerosos motores de cohetes y volado naves espaciales tripuladas (Scott, 2018).

WorldView ofrece una aproximación única al turismo espacial utilizando globos estratosféricos. Su plataforma proporciona vuelos extendidos a altitudes superiores a 30 km, ofreciendo una cápsula espacial cómoda para misiones de investigación y educación. Aunque actualmente se centran principalmente en vuelos de carga, *WorldView* planea expandirse a vuelos tripulados suborbitales con el fin de ofrecer nuevas oportunidades en investigación y educación (Scott, 2018).

Al igual que *WorldView*, *Zero2Infinity* explora el turismo estratosférico mediante su concepto de nave espacial *Bloon*. Esta nave utiliza globos para alcanzar altitudes suborbitales con capacidad para hasta cuatro pasajeros y dos pilotos. *Zero2Infinity* ha realizado vuelos de prueba para validar su tecnología tanto para el turismo como para sistemas comerciales de entrega de satélites, con el objetivo de expandir el acceso a entornos cercanos al espacio (Scott, 2018).

Concepto y principios de la sostenibilidad

Ahora bien, la literatura sobre desarrollo sostenible en la empresa es sumamente extensa. Este término fue utilizado por primera vez en el informe Brundtland (1987), el cual se refiere a “un desarrollo que satisface las

necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones”.

De acuerdo con Elkington (1994) “el desarrollo sostenible en la empresa, es aquel que contribuye a la gestión responsable mediante la entrega al mismo tiempo de beneficios económico, social y medioambiental” (citado en Barcellos de Paula, 2010, p. 83). Por otra parte, Hart y Milstein (2003) utilizan el término "sostenibilidad empresarial" para referirse a la empresa que crea valor a nivel de estrategias y prácticas para avanzar hacia un mundo más sostenible” (citados en Barcellos de Paula, 2010, p. 84).

A pesar de que el medio ambiente es fundamental para la noción de sostenibilidad, cualquier comprensión del concepto de desarrollo sostenible requiere establecer relaciones entre el pensamiento medioambiental, la sociedad y el económico (Hall et al., 2017). Para ello, es fundamental abordar estas tres dimensiones interrelacionadas de la sostenibilidad.

Según Martínez y Martínez (2016), estas dimensiones son esenciales para un progreso sostenible y deben ser abordadas de manera simultánea y articulada. En primer lugar, la dimensión ecológica o ambiental se centra en la preservación y potenciación de la regeneración de los ecosistemas, su productividad, los ciclos naturales y la biodiversidad. Esta dimensión es crucial para garantizar la sostenibilidad de los recursos naturales necesarios para la seguridad alimentaria y energética, aunque también incluye la capacidad de carga de los ecosistemas, la cual se refiere al número de población que puede ser sostenida por los recursos de un territorio sin degradar el ambiente (Martínez y Martínez, 2016).

En segundo lugar, la dimensión social aborda los problemas desde una perspectiva de equidad y justicia social. Esta dimensión requiere fortalecer la identidad y tradiciones comunitarias, lograr un equilibrio demográfico, promover un desarrollo que reduzca la pobreza y las desigualdades, conserve los valores culturales y fomente la participación democrática. Esto implica un acceso equitativo a los recursos naturales tanto para generaciones presentes como futuras (Martínez y Martínez, 2016).

En tercer lugar, para abordar la dimensión económica de la sostenibilidad es importante mencionar que la relación entre economía y ambiente ha sido objeto de debate, ya que la ciencia económica convencional no siempre responde adecuadamente a las críticas ecológicas dado que la economía clásica tiende a subvalorar los recursos naturales y a no considerar adecuadamente las externalidades ambientales. De tal manera, la sostenibilidad económica demanda un desarrollo eficiente y equitativo, redefiniendo la actividad económica según las necesidades materiales e inmateriales de la sociedad. Las actividades económicas deben basarse en unidades de producción locales y diversificadas, adaptadas a las características de los ecosistemas para garantizar un uso sostenible de los recursos, para lo

cual es crucial valorar estos recursos naturales al menos por su costo de reposición y construir cuentas del patrimonio natural para gestionar su uso de manera sostenible (Martínez y Martínez, 2016).

En la era actual de cambios profundos y globalización, el término sostenibilidad ha adquirido una relevancia generalizada. Más allá de que inicialmente su connotación fue ambiental, ahora abarca tanto un enfoque para gestionar sistemas económicos y sociales como una estrategia empresarial. Como lo menciona Castelló (2019),

La sostenibilidad ambiental supone la compatibilidad entre la actividad de la empresa y la preservación de la biodiversidad y de los ecosistemas, procurando evitar la degradación del medio ambiente. [...] La sostenibilidad debe entenderse como prioritaria ya que sin sostenibilidad no hay futuro para las empresas. La empresa juega un papel decisivo en el desarrollo sostenible y el sistema de gestión ambiental se incorpora en el sistema de gestión integrado de la empresa para afrontar los resultados económico-financieros y sociales que los grupos de interés demandan (pp. 24-25).

Específicamente, se refiere a un enfoque más completo, holístico, equilibrado e integral para crear valor, que busca beneficiar a los diversos grupos de interés (*stakeholders*) vinculados a una empresa (Castelló, 2019). Por lo anterior, es importante identificar de qué manera las empresas están integrando la perspectiva sostenible en sus estrategias empresariales.

Estrategias en materia de sostenibilidad de las empresas de turismo espacial

Una vez que se abordó la evolución y el contexto actual del turismo espacial y se desarrolló el concepto de desarrollo sostenible, en esta sección se desglosan algunas de las estrategias con respecto a la sostenibilidad que las empresas de turismo espacial *SpaceX*, *Blue Origin* y *Virgin Galactic* han implementado.

SpaceX

Según el enfoque de *SpaceX* para la sostenibilidad y la seguridad espacial, la empresa reconoce que está “profundamente comprometida con el mantenimiento de un entorno orbital seguro, la protección de los vuelos espaciales tripulados y la garantía de que el entorno se mantenga sostenible para futuras misiones a la órbita terrestre y más allá” (SpaceX, 2022).

Con relación a la dimensión económica de la sostenibilidad, *SpaceX* ha revolucionado el costo de los lanzamientos espaciales al ser pionera en la reutilización de cohetes. De esta manera, la capacidad de reutilizar los cohetes *Falcon 9* y *Falcon Heavy* reduce significativamente los costos operativos y

hace que los lanzamientos espaciales sean más accesibles, tanto para gobiernos y grandes corporaciones como para empresas más pequeñas y organizaciones científicas.

La eficiencia y la expansión rápida de *SpaceX* permite la construcción de hasta 45 satélites por semana y el lanzamiento de hasta 240 satélites en un mes. Asimismo, la empresa cuenta con una tasa de éxito superior al 99% después del despliegue de más de 2,000 satélites, lo cual evidencia una robustez en el diseño y la calidad de los procesos de fabricación y pruebas de la red de satélites *Starlink*. De esta forma, solo el 1% de los satélites ha fallado después de su puesta en órbita, lo cual reduce los costos y aumenta la confianza en sus servicios.

Con respecto a la dimensión social de la sostenibilidad, *SpaceX* está brindando acceso a internet “a regiones desatendidas y remotas en el mundo” (*SpaceX*, 2022). Este esfuerzo tiene por objeto reducir la brecha digital al facilitar que estas comunidades accedan a servicios, educación e información que antes estaban fuera de su alcance, mejorando así la conectividad y la calidad de vida, al mismo tiempo que se generan nuevas oportunidades y se fomenta el crecimiento económico y social en estas áreas.

De acuerdo con lo planteado por la empresa, *SpaceX* fomenta la transparencia al compartir constantemente información orbital con gobiernos y otros operadores. La coordinación internacional en la gestión del espacio y la prevención de colisiones depende de esta práctica, por lo que la empresa facilita el acceso a información precisa y actualizada sobre la posición y el movimiento de los satélites al compartir efemérides propagadas y datos de covarianza en plataformas como *Space-Track.org*. Asimismo, *SpaceX* reconoce que esta colaboración es fundamental para garantizar la seguridad y la sostenibilidad a largo plazo de las actividades espaciales.

En lo que respecta al impacto ambiental, *SpaceX* ha implementado diversas tácticas para reducir la producción de desechos espaciales; por ejemplo, los satélites *Starlink* están diseñados para desintegrarse por completo al regresar a la atmósfera terrestre, lo que elimina la posibilidad de que los fragmentos lleguen a la superficie terrestre. Además, los satélites operan a altitudes inferiores a 600 km y, como resultado del arrastre atmosférico, se desorbitan naturalmente en 5 a 6 años, mucho más rápido que el estándar internacional correspondiente a la órbita LEO¹ que es aproximadamente de 10 años dependiendo de las características de sus operaciones.

¹ Según la altitud, se pueden identificar tres tipos de órbitas: las órbitas bajas (LEO, por sus siglas en inglés *Low Earth Orbit*), ubicadas entre 160 y 2,000 km; las órbitas medias (MEO, por sus siglas en inglés *Medium Earth Orbit*), que se encuentran entre los 10,000 y 20,000 km; y la órbita geoestacionaria (GEO, por sus siglas en inglés *Geosynchronous Equatorial Orbit*), situada a 35,786 km sobre la Tierra (Álvarez, 2023).

Los satélites de *SpaceX* pueden maniobrar para evitar colisiones con otros objetos en el espacio gracias al desarrollo de un sistema avanzado de prevención de colisiones. Estos sistemas autónomos planifican maniobras de prevención cuando la probabilidad de una colisión supera el umbral de seguridad de 1/10,000. Asimismo, los satélites pueden realizar maniobras de “esquivar” (*ducking*) para minimizar su sección transversal en la dirección de la posible conjunción, reduciendo aún más el riesgo de colisión.

El uso de propulsión eléctrica sostenible para maniobras y desorbitaje activo es otra innovación significativa; los satélites se colocan en órbitas de menos de 350 km y luego se elevan a una altitud operativa de aproximadamente 550 km. Aunque es poco probable que un satélite falle, en caso de que así sea, este se desorbitará “rápida y activamente utilizando su propulsor o pasivamente por arrastre atmosférico”. En este sentido, *SpaceX* establece que “construyendo satélites fiables que minimicen los desechos, planificando la desorbitación activa y diseñando para la desintegración total, nos aseguramos de que el espacio siga siendo sostenible y seguro” (*SpaceX*, 2022), lo cual representa una estrategia más que contempla la dimensión ambiental de la sostenibilidad.

Blue Origin

Blue Origin ha diseñado sus cohetes *New Shepard* y *New Glenn* para ser reutilizables desde el principio, lo que reduce significativamente el costo de acceso al espacio. De igual forma, la reutilización de vehículos y motores (BE-3PM y BE-4)² disminuye los costos operativos y de materiales porque reduce la necesidad de fabricar nuevos componentes para cada lanzamiento. De acuerdo con la empresa, esta estrategia es crucial para hacer el turismo espacial económicamente viable y accesible a una mayor cantidad de personas y organizaciones (*Blue Origin*, s. f.).

Por otra parte, *Blue Origin* está promoviendo la educación y la conciencia sobre la ciencia y la tecnología espacial en el ámbito social a través de su organización sin ánimo de lucro Club para el Futuro, en colaboración con la metodología *Science, Technology, Engineering and Mathematics* (STEM) y activistas medioambientales. Estas iniciativas tienen como objetivo inspirar a las nuevas generaciones y apoyar la educación científica, que es

² El motor BE-3PM es un cohete propulsado por hidrógeno líquido que se destaca por su potencia y reutilización, al mismo tiempo que garantiza un alto rendimiento y un mantenimiento mínimo entre vuelos, reduciendo así costos operativos. Por otro lado, el motor BE-4 utiliza gas natural licuado como combustible dada la eficiencia, bajo costo y disponibilidad de este recurso, además de su capacidad para presurizar su propio depósito, eliminando sistemas costosos. De tal forma, este motor se diseñó para ser reutilizable y con una combustión más limpia que simplifica su mantenimiento (*Blue Origin*, s. f.).

esencial para el crecimiento de una sociedad con mayores habilidades tecnológicas y una mejor comprensión de la sostenibilidad.

La dimensión medioambiental está considerada en las acciones que realiza la empresa para disminuir su huella de carbono mediante el empleo de combustibles más limpios, como por ejemplo el oxígeno líquido y el hidrógeno en el caso del *New Shepard* y el gas natural licuado en el caso del *New Glenn*.

Asimismo, *Blue Origin* también está trabajando en la implantación de prácticas de sostenibilidad dentro de su cadena de suministro al enfocarse en la reducción, reutilización y reciclaje de materiales. De acuerdo con la empresa, en sus operaciones diarias se fijan objetivos de sostenibilidad en términos de emisiones de carbono, energía, residuos y consumo de agua. El hecho de que la incorporación de esas prácticas se esté realizando en sus instalaciones de Kent, Huntsville, Cabo Cañaveral y el oeste de Texas también es un paso crucial en reducir el impacto ambiental de las operaciones.

Finalmente, *Blue Origin* trabaja en tecnologías para un uso sostenible de recursos espaciales, mediante la puesta en marcha del *Space Resources Program* (Programa de Recursos Espaciales), el cual tiene por objetivo contribuir a la vida fuera de la superficie terrestre sea posible y sostenible a través de tecnologías neutrales en carbono y no tóxicas (como la energía solar).

Virgin Galactic

Al igual que *Blue Origin* y *SpaceX*, una de las principales estrategias económicas de *Virgin Galactic* es la innovación en la reutilización de sus vehículos espaciales. Las naves espaciales y la nave nodriza están diseñadas para ser reutilizables durante cientos de misiones, lo cual reduce significativamente los costos operativos a largo plazo y minimiza los residuos generados por cada lanzamiento. Este modelo contrasta con el de los cohetes tradicionales de un solo uso, que generan una gran cantidad de residuos y requieren una mayor inversión para cada misión nueva. De igual forma, la reutilización también tiene el potencial de hacer que los vuelos espaciales sean más accesibles económicamente, reduciendo el costo por lanzamiento y permitiendo un mayor número de misiones en un período de tiempo más corto (Virgin Galactic, 2024).

Al igual que *Blue Origin*, *Virgin Galactic* ha demostrado un compromiso con la sostenibilidad a través de la utilización de combustibles más limpios, dado que los motores de la nave nodriza y de las futuras flotas son compatibles con el combustible de aviación sostenible (SAF, por sus siglas en inglés). De acuerdo con la empresa, aunque esta iniciativa está en la fase de evaluación, la adopción de SAF podría reducir significativamente la huella de carbono de sus operaciones espaciales debido a que este tipo de combustible, derivado de fuentes renovables, tiene el potencial de reducir las

emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con los combustibles fósiles tradicionales. Sin embargo, para que esta iniciativa tenga un impacto tangible, es crucial que *Virgin Galactic* acelere la transición y adopte estos combustibles sostenibles en la mayoría de sus operaciones.

Por otra parte, la empresa ha puesto énfasis en la diversidad, equidad, inclusión y pertenencia dentro de su fuerza laboral al mismo tiempo que reconoce la importancia de invertir en la próxima generación de líderes del sector espacial. En este sentido, *Virgin Galactic* patrocina programas de divulgación en sus comunidades y a nivel mundial para inspirar a los jóvenes a seguir carreras en la industria aeroespacial. Según la empresa, estos programas son esenciales para asegurar un flujo continuo de talento hacia la industria y para fomentar el interés en las ciencias y tecnologías espaciales desde una edad temprana. Además, el compromiso de *Virgin Galactic* con el *Space Workforce Pledge 2030*, un acuerdo que subraya su objetivo de aumentar la representación de mujeres y empleados de grupos subrepresentados en su plantilla para 2030.

Finalmente, *Virgin Galactic* se ha comprometido a minimizar su impacto ambiental mediante diversas iniciativas. La construcción de sus instalaciones con certificación LEED (por las siglas en inglés de *Leadership in Energy y Environmental Design*, el cual es un sistema de certificación de edificios sostenibles, desarrollado por el Consejo de la Construcción Verde de EE.UU.) y la implementación de sistemas de iluminación eficientes son ejemplos de cómo la empresa está trabajando para reducir su consumo de energía y emisiones de carbono. Además, las estaciones de carga para vehículos eléctricos y el transporte compartido para empleados ayudan a reducir las emisiones relacionadas con el tránsito. Estos esfuerzos son fundamentales para disminuir la huella de carbono de la empresa y promover prácticas más sostenibles.

De igual forma, *Virgin Galactic* ha implementado programas de reciclaje y manejo de desechos; por ejemplo, el reciclaje de fibra de carbono y la donación de estos materiales para la fabricación de patinetas representan un enfoque innovador para desviar residuos de los vertederos. Asimismo, la empresa se adhiere a los procedimientos de eliminación de desechos peligrosos y universales, gestionándolos de acuerdo con las regulaciones locales, estatales y federales con el fin de reducir el impacto ambiental de la empresa y promover una economía circular.

Virgin Galactic reconoce que gestionar sus impactos ambientales, sociales y de gobernanza (ESG, por sus siglas en inglés) es fundamental para mitigar riesgos y aprovechar oportunidades para crear valor para sus partes interesadas. El Consejo de Administración, junto con el Comité Ejecutivo de ESG, juega un papel crucial en el desarrollo y la implementación de la estrategia ESG de la empresa; este enfoque pretende asegurar que las

prioridades de sostenibilidad y responsabilidad social se integren en todas las operaciones de la empresa.

Cuadro 1. Estrategias en materia de sostenibilidad de las principales empresas de turismo espacial

Empresa	Estrategias		
	<i>Económica</i>	<i>Ambiental</i>	<i>Social</i>
<i>SpaceX</i>	Reutilización de sus vehículos espaciales	Propulsión eléctrica sostenible para maniobras y desorbitaje activo con el fin de minimizar los desechos	Acceso a internet a regiones desatendidas y remotas en el mundo
	Transparencia al compartir constantemente información para garantizar la seguridad y la sostenibilidad a largo plazo de las actividades espaciales.		
<i>Blue Origin</i>	Reutilización de sus vehículos espaciales	Empleo de combustibles más limpios (oxígeno líquido y el hidrógeno) Economía circular	Promover la educación y la conciencia sobre la ciencia y la tecnología espacial a través de su organización sin ánimo de lucro Club para el Futuro
<i>Virgin Galactic</i>	Reutilización de sus vehículos espaciales	Empleo de combustibles más limpios (combustible de aviación sostenible SAF) Construcción de sus instalaciones con certificación LEED Implementación de sistemas de iluminación eficientes Economía circular	Diversidad, equidad, inclusión y pertenencia dentro de su fuerza laboral Programas de divulgación en sus comunidades y a nivel mundial para inspirar a los jóvenes a seguir carreras en la industria aeroespacial

Fuente: Elaboración propia con base en información de SpaceX, (2022); Blue Origin, (s. f.); y Virgin Galactic, (2024)

En suma, observamos que en las estrategias económicas de las tres empresas se han enfocado en la reutilización de sus vehículos espaciales con el objetivo de reducir sus costos operativos a largo plazo (lo cual también representa un avance hacia el objetivo de colonizar otros cuerpos celestes en el caso de *SpaceX*) y, en última instancia, minimizar los residuos generados por cada lanzamiento. Esta reducción de costos beneficia principalmente a las empresas permitiéndoles obtener ventajas competitivas e incrementar sus ganancias dado que a medida que los costos operativos disminuyen, las empresas podrán aumentar el número de misiones en un período de tiempo más corto.

Con relación a la dimensión medioambiental, si bien *SpaceX* se ha abocado a reducir los desechos espaciales, la empresa no ha incluido ninguna estrategia que involucre la adopción de combustibles más limpios en sus operaciones ni la economía circular a diferencia de *Blue Origin* y *Virgin Galactic*. En términos generales observamos que *Virgin Galactic* ha mantenido una visión más integral, ya que es la única empresa que ha

implementado sistemas en sus instalaciones con el objetivo de reducir sus emisiones de carbono.

Como se señaló previamente, numerosos autores han destacado el sinfín de beneficios y recursos que el espacio puede ofrecer. En este contexto, es crucial que las empresas asuman la responsabilidad de ampliar el alcance social de la sostenibilidad; este enfoque debe orientarse a generar un impacto positivo para un número mayor de personas a nivel global, dado que sus acciones en este ámbito son limitadas y se encuentran en una etapa incipiente.

Conclusiones

El análisis de las estrategias de sostenibilidad que se están implementando en *SpaceX*, *Blue Origin* y *Virgin Galactic* identificó un panorama mixto en términos de integración de las dimensiones económica, social y ambiental de la sostenibilidad. Aunque estas empresas han logrado avances significativos en la reducción de los costos de acceso al espacio a través de la reutilización de cohetes y la introducción de tecnologías innovadoras, todavía enfrentan importantes desafíos para lograr una sostenibilidad integral.

Con respecto a la dimensión económica, las tres empresas han demostrado una notable capacidad para reducir los costos operativos a través de la reutilización de vehículos espaciales. Sin embargo, estos esfuerzos se han centrado en obtener ventajas competitivas para que cada empresa logre una sostenibilidad económica a largo plazo.

Respecto a la dimensión social, aunque se han implementado iniciativas importantes, como el acceso a internet en regiones desatendidas por parte de *SpaceX* y los programas educativos de *Blue Origin* y *Virgin Galactic*, el impacto social positivo sigue siendo limitado. La accesibilidad al turismo espacial está restringida a una pequeña fracción de la población global debido a los altos costos y, aunque se está promoviendo la educación y la conciencia sobre la ciencia y la tecnología espacial, estas iniciativas no abordan completamente la desigualdad en el acceso al turismo espacial y los beneficios asociados.

Finalmente, las tres empresas han adoptado medidas para reducir su huella de carbono y minimizar la generación de desechos espaciales. *SpaceX*; por ejemplo, ha diseñado sus satélites *Starlink* para desintegrarse completamente al reingresar a la atmósfera terrestre, mientras que *Blue Origin* y *Virgin Galactic* están explorando el uso de combustibles más limpios y prácticas de sostenibilidad en sus operaciones. No obstante, a pesar de estos esfuerzos, la industria espacial en su conjunto enfrenta el desafío de gestionar el creciente problema de la basura espacial y las emisiones asociadas con los lanzamientos frecuentes.

A pesar de las diferentes medidas implementadas por las empresas, la creciente cantidad de satélites y lanzamientos aumenta el riesgo de colisiones y de desechos espaciales. Aunque *SpaceX* tiene un sistema robusto para minimizar este riesgo, la densidad creciente de objetos en órbita plantea un desafío significativo para la sostenibilidad del espacio a largo plazo.

Si bien se han realizado esfuerzos por utilizar combustibles más limpios y reducir la huella de carbono, el impacto ambiental del turismo espacial sigue siendo considerable. Los lanzamientos espaciales, incluso con combustibles más limpios, contribuyen a la contaminación atmosférica y a la emisión de gases de efecto invernadero. Además, la infraestructura necesaria para estos lanzamientos, incluida la construcción y mantenimiento de plataformas de lanzamiento, tiene un impacto ambiental significativo.

Aunque *SpaceX*, *Blue Origin* y *Virgin Galactic* han realizado avances en la integración de prácticas sostenibles en sus operaciones, su enfoque sigue siendo predominantemente económico, con las dimensiones social y ambiental aún en desarrollo. La verdadera sostenibilidad integral en el turismo espacial requerirá un compromiso más profundo y acciones más concretas para abordar los desafíos sociales y ambientales de manera equitativa y efectiva.

Finalmente, queda claro que el turismo espacial ha sido impulsado principalmente por un pequeño grupo de personas, empresas y gobiernos, y sus efectos, en el mejor de los casos, podrían beneficiar a toda la humanidad, o bien, en el caso contrario, perpetuar desigualdades estructurales, ser un desastre medioambiental que perjudique al planeta entero e incluso representar un gran riesgo para el espacio mismo. De igual forma, se observó que mientras que la reducción de costos es un avance positivo para las empresas, el acceso al turismo espacial sigue siendo limitado a individuos y entidades con altos recursos económicos. Por lo anterior, sigue siendo incierto si en algún momento el espacio y sus beneficios potenciales serán accesibles para todos, o si continuará siendo un terreno exclusivo de entretenimiento y acumulación de riqueza para las élites que pueden permitirse estas aventuras, mientras se soslayan los problemas que afectan a la Tierra. Por esta razón, las empresas deben continuar innovando con el fin de hacer más sostenibles sus operaciones, al mismo tiempo que colaboran con gobiernos, organizaciones internacionales y la comunidad científica para garantizar que el espacio sea accesible, seguro y sostenible para las generaciones futuras.

Conflicto de intereses: Los autores no declararon ningún conflicto de intereses.

Disponibilidad de los datos: Todos los datos están incluidos en el contenido del artículo.

Declaración de financiación: Los autores no obtuvieron financiación para esta investigación.

References:

1. Álvarez, C. L. (2023). Sostenibilidad del espacio. En *Derecho satelital y del espacio exterior*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Jurídicas. <https://doi.org/10.22201/ijj.9786073081078e.2023>
2. Barcellos de Paula, L. (2010). *Modelos de gestión aplicados a la sostenibilidad empresarial*. Universidad de Barcelona.
3. Blue Origin. (s. f.). *Blue Origin's Sustainability Story*. Blue Origin: For The Benefit of Earth. <https://www.blueorigin.com/es-MX/sustainability>
4. Brundtland, G. H. (1987). *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*. UN-Dokument A/42/427. <http://www.un-documents.net/ocf-ov.htm>
5. Bukley, A., Frize, R., y La Regina, V. (2015). Space Tourism: Risks and Solutions. En J. Galliot (Ed.), *Commercial space exploration: Ethics, policy and governance* (pp. 107-122). Ashgate.
6. Castelló, E. (2019). La sostenibilidad como modelo de gestión empresarial. *Economistas*, 33, 22-25.
7. Cohen, E. (2017). The paradoxes of space tourism. *Tourism Recreation Research*, 42(1), 22-31. <https://doi.org/10.1080/02508281.2016.1239331>
8. Collins, P., y Autino, A. (2010). What the growth of a space tourism industry could contribute to employment, economic growth, environmental protection, education, culture and world peace. *Acta Astronautica*, 66(11-12), 1553-1562. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2009.09.012>
9. Dickens, P., y Ormrod, J. S. (2007). Outer Space and Internal Nature: Towards a Sociology of the Universe. *Sociology*, 41(4), 609-626. <https://doi.org/10.1177/0038038507078915>
10. Frost, J., y Frost, W. (2022). Exploring prosocial and environmental motivations of frontier tourists: Implications for sustainable space tourism. *Journal of Sustainable Tourism*, 30(9), 2254-2270. <https://doi.org/10.1080/09669582.2021.1897131>
11. Hall, C. M., Gössling, S., y Scott, D. (Eds.). (2017). *The Routledge handbook of tourism and sustainability* (First issued in paperback). Routledge.
12. Kim, M. J., Hall, C. M., Kwon, O., y Sohn, K. (2024). Space tourism: Value-attitude-behavior theory, artificial intelligence, and

- sustainability. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 77, 103654. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2023.103654>
13. Martínez, R., y Martínez, D. (2016). Perspectivas de la sustentabilidad: Teoría y campos de análisis. *Pensamiento Actual*, 16(26), 123. <https://doi.org/10.15517/pa.v16i26.25188>
 14. Masson-Zwaan, T., y Freeland, S. (2010). Between heaven and earth: The legal challenges of human space travel. *Acta Astronautica*, 66(11-12), 1597-1607. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2009.12.015>
 15. Milo, A. (2023, agosto 11). *Virgin Galactic realiza su primer vuelo comercial al espacio suborbital*. National Geographic en español. <https://www.ngenespanol.com/el-espacio/virgin-galactic-realiza-su-primer-vuelo-comercial-al-espacio-suborbital/>
 16. Padhy, A. K., y Padhy, A. K. (2021). Legal conundrums of space tourism. *Acta Astronautica*, 184, 269-273. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2021.04.024>
 17. Peeters, P. (2018). Why space tourism will not be part of sustainable tourism. *Tourism Recreation Research*, 43(4), 540-543. <https://doi.org/10.1080/02508281.2018.1511942>
 18. Ross, M., Mills, M., y Toohey, D. (2010). Potential climate impact of black carbon emitted by rockets. *Geophysical Research Letters*, 37(24), 2010GL044548. <https://doi.org/10.1029/2010GL044548>
 19. Scott, B. (2018). Exploration to Exploitation: An Industry Analysis of Suborbital Space Tourism. *New Space*, 6(1), 87-98. <https://doi.org/10.1089/space.2017.0041>
 20. SpaceX. (2022, febrero 22). *SpaceX's approach to space sustainability and safety*. UPDATES. <https://www.SpaceX.com/updates/>
 21. Spector, S., Higham, J. E. S., y Doering, A. (2017). Beyond the biosphere: Tourism, outer space, and sustainability. *Tourism Recreation Research*, 42(3), 273-283. <https://doi.org/10.1080/02508281.2017.1286062>
 22. Van Pelt, M. (2005). *Space tourism: Adventures in Earth's orbit and beyond*. Springer.
 23. Virgin Galactic. (2024, febrero 29). *Investing in our future*. SPACELINE FOR EARTH. <https://investors.virgingalactic.com/ESG/default.asp>