

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Experimentos biológicos con globos estratosféricos en América Latina: avances científicos y potencial educativo

Luis Allcahuaman-Huauya^{1,2} 

¹ Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú

² Bioinorganic Chemistry in Medicine, Environmental and Technology, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú

Email: luis.allcahuaman.h@uni.pe

Recibido: 07/03/2026 • Revisado: 22/06/2026 • Aceptado: 30/06/2026

Resumen

Los globos estratosféricos se han convertido en plataformas experimentales accesibles para el estudio de organismos vivos en condiciones ambientales extremas similares a las del espacio cercano. Estas condiciones incluyen baja presión atmosférica, temperaturas extremas y radiación ultravioleta intensa, lo que permite evaluar los límites de la vida y su posible supervivencia en ambientes extraterrestres. El presente estudio tiene como objetivo analizar las investigaciones realizadas con globos estratosféricos para estudiar organismos vivos en América Latina y evaluar de estas plataformas como herramientas educativas. Los resultados permitieron identificar cuatro estudios realizados en Brasil y Perú que evaluaron la resistencia de microorganismos, tardígrados y semillas a condiciones estratosféricas. Los trabajos analizados evidencian que los globos sonda representan una herramienta científica accesible para el desarrollo de investigaciones en astrobiología y microbiología experimental. Asimismo, estos proyectos presentan un importante potencial educativo al promover el aprendizaje interdisciplinario en ciencias espaciales y biológicas.

Palabras clave: Astrobiología, estratósfera, organismos, educación científica

Citar como:

Allcahuaman-Huauya, L. (2026). Experimentos biológicos con globos estratosféricos en América Latina: avances científicos y potencial educativo. *Revista Científica de Astrobiología*, 3(1), 43–50. <https://doi.org/10.69976/aspast.v3n1.5>

RESEARCH ARTICLE

Biological Experiments with Stratospheric Balloons in Latin America: Scientific Advances and Educational Potential

Luis Allcahuaman-Huauya^{1,2} 

¹ Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú

² Bioinorganic Chemistry in Medicine, Environmental and Technology, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú

Email: nayalat@unal.edu.co

Received: 07/03/2026 • Revised: 22/06/2026 • Accepted: 30/06/2026

Abstract

Stratospheric balloons have become accessible experimental platforms for studying living organisms under extreme environmental conditions similar to those found in near-space environments. These conditions include low atmospheric pressure, extreme temperatures, and intense ultraviolet radiation, which allow researchers to evaluate the limits of life and its potential survival in extraterrestrial environments. The present study aims to analyze research using stratospheric balloons to study living organisms in Latin America and to assess the potential of these platforms as educational tools. The results identified four studies conducted in Brazil and Peru that evaluated the resistance of microorganisms, tardigrades, and plant seeds to stratospheric conditions. The analyzed studies demonstrate that stratospheric balloon platforms represent an accessible scientific tool for developing research in astrobiology and experimental microbiology. Furthermore, these projects show significant educational potential by promoting interdisciplinary learning in space and biological sciences.

Keywords: Astrobiology, stratosphere, organisms, scientific education

Cite:

Allcahuaman-Huauya, L. (2026). Biological Experiments with Stratospheric Balloons in Latin America: Scientific Advances and Educational Potential. *Revista Científica de Astrobiología*, 3(1), 43–50. <https://doi.org/10.69976/aspast.v3n1.5>

1. Introducción

La estratósfera constituye un ambiente extremo caracterizado por baja presión atmosférica, temperaturas reducidas, intensa radiación ultravioleta y condiciones de desecación, factores que limitan significativamente la supervivencia de los organismos vivos. Estas características han convertido a este estrato de la atmósfera en un escenario natural de gran interés para la astrobiología, disciplina dedicada al estudio del origen, evolución, distribución y límites de la vida en el universo (Horneck et al., 2010). Para investigar estas condiciones, los globos estratosféricos o globos sonda se han consolidado como plataformas experimentales eficientes y relativamente accesibles, capaces de transportar instrumentos científicos y muestras biológicas a altitudes superiores a 30 km, donde es posible evaluar directamente los efectos de la radiación ultravioleta, la baja presión atmosférica y las temperaturas extremas sobre organismos vivos (Smith et al., 2012).

Diversos estudios han demostrado que microorganismos presentes en aerosoles atmosféricos pueden alcanzar grandes altitudes mediante procesos de transporte atmosférico, lo que favorece su dispersión regional e incluso global (Smith et al., 2012). Asimismo, experimentos realizados con globos estratosféricos han evidenciado que bacterias, hongos, esporas y cianobacterias presentan diferentes grados de supervivencia y adaptación frente a la radiación ultravioleta, la desecación y otros factores ambientales extremos (Cortésão et al., 2021; Díez et al., 2020; Li et al., 2022). Estos hallazgos han contribuido a comprender los mecanismos de resistencia microbiana y aportan evidencia relevante para estudiar la habitabilidad de ambientes extraterrestres y evaluar hipótesis como la panspermia (Nicholson et al., 2000). Además de su importancia científica, los globos estratosféricos poseen un notable potencial educativo. Su bajo costo y relativa facilidad de implementación permiten desarrollar proyectos interdisciplinarios que integran biología, física atmosférica, ingeniería y ciencias espaciales, favoreciendo la participación activa de estudiantes en el diseño y ejecución de investigaciones reales (Smith & Sowa, 2020). En consecuencia, estas iniciativas contribuyen simultáneamente al fortalecimiento de la investigación científica y de la educación en ciencia y tecnología en América Latina.

En los últimos años, el empleo de globos estratosféricos para experimentos biológicos ha experimentado un crecimiento progresivo en América Latina. Universidades y centros de investigación de países como Brasil y Perú han desarrollado estudios dirigidos a evaluar la resistencia de microorganismos, tardígrados y semillas frente a condiciones estratosféricas. Aunque la producción científica regional aún es limitada en comparación con otras regiones del mundo, estas investigaciones representan un avance importante para la astrobiología, la microbiología experimental y la formación científica en la región. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo analizar las investigaciones que utilizan globos estratosféricos para el estudio de organismos vivos en América Latina y discutir su contribución científica, así como su potencial como herramienta educativa.

2. Cuerpo

2.1. Experimentos biológicos realizados en la estratósfera

La revisión de los estudios sobre globos estratosféricos con organismos en América Latina permitió identificar un total de cuatro investigaciones publicadas en revistas científicas con DOI, correspondientes a Brasil y Perú. La Tabla 1 resume las principales características de los estudios identificados, incluyendo su objetivo, metodología y resultados más relevantes.

En términos de distribución geográfica, Perú lidera con tres estudios recientes publicados entre 2023 y 2025 que evaluaron la respuesta de tardígrados y semillas a condiciones extremas de la estratósfera. Las levaduras y *Bacillus subtilis* corresponden al estudio brasileño. Estos trabajos destacan por su enfoque tanto científico como educativo, ya que incluyen experimentos que contribuyen al desarrollo de la astrobiología y la educación escolar en la región. Por otro lado, Brasil presenta un estudio sobre la supervivencia de levaduras extremófilas, lo que evidencia la aplicación de globos estratosféricos para investigar la resistencia microbiana en ambientes extremos.

Los organismos estudiados abarcan tardígrados, levaduras extremófilas y semillas, reflejando la diversidad de modelos biológicos utilizados para comprender los límites de la vida en condiciones estratosféricas. Los experimentos peruanos demuestran la capacidad de los equipos nacionales para desarrollar investigaciones avanzadas mediante plataformas de bajo costo, como los globos estratosféricos. Estas plataformas alcanzaron altitudes superiores a 30 km y permitieron exponer a los organismos a radiación ultravioleta, bajas temperaturas y presión reducida.

En conjunto, estos resultados evidencian que América Latina ha comenzado a consolidar una base científica en experimentos estratosféricos con organismos, mostrando un potencial significativo tanto en investigación científica como en programas educativos. A pesar de que la mayoría de los estudios se concentran en Perú, la participación de Brasil indica la existencia de un interés regional creciente que puede fortalecer la astrobiología y la microbiología experimental en la región.

La presente revisión evidencia que la investigación sobre experimentos biológicos mediante globos estratosféricos en América Latina aún es incipiente, con únicamente cuatro estudios científicos publicados que cumplen los criterios de inclusión. No obstante, el análisis conjunto de estas investigaciones muestra una evolución progresiva en los modelos biológicos utilizados y en las preguntas científicas planteadas, lo que refleja el creciente interés por emplear la estratósfera como una plataforma experimental para estudiar la respuesta de organismos vivos a condiciones ambientales análogas a las del espacio cercano.

El estudio desarrollado por Pulschen et al. (2018) constituye el primer reporte en América Latina sobre la exposición experimental de microorganismos a condiciones estratosféricas mediante globos científicos. La evaluación de *Bacillus subtilis* y de diferentes especies de levaduras extremófilas demostró que la supervivencia frente a la radiación ultravioleta, la baja presión atmosférica y la desecación depende de las características fisiológicas de cada organismo. Estos resultados son consistentes con los de investigaciones internacionales que utilizan microorganismos como modelos experimentales para comprender los mecanismos de resistencia biológica y evaluar los límites de la vida en ambientes extremos, y aportan evidencia relevante para la astrobiología y la microbiología experimental.

Posteriormente, Alccahuaman y Porras (2023) incorporaron tardígrados como organismos modelo, un grupo ampliamente reconocido por su capacidad para sobrevivir a condiciones extremas mediante estados de criptobiosis. Este trabajo representó el primer experimento peruano que evaluó la resistencia de tardígrados en la estratósfera utilizando globos sonda, demostrando que este tipo de plataformas puede emplearse para desarrollar investigaciones biológicas de bajo costo en países con recursos limitados. Además de generar información sobre la respuesta de estos organismos frente a la radiación ultravioleta, las bajas temperaturas y la presión reducida, el estudio evidenció la factibilidad de implementar proyectos de investigación espacial desde universidades de América Latina.



Tabla 1: Estudios científicos sobre experimentos biológicos realizados mediante globos estratosféricos en América Latina

País	Autor	Año	Organismo	Altitud	Objetivo del estudio	Principales resultados
Brasil	Pulschen, et al.	2018	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Exophiala</i> sp. 15LV1, <i>Naganishia friedmannii</i> 16LV2 y <i>Holtermannie-</i> <i>lla waticus</i> 16LV1	≈25–30 km	Evaluar la supervivencia de micro-organismos expuestos a condiciones estratosféricas durante vuelos en globo y simulaciones de laboratorio.	Las levaduras extremófilas presentaron diferentes niveles de supervivencia tras la exposición estratosférica, evidenciando mecanismos de resistencia frente a la radiación UV, la baja presión y la desecación.
Perú	Alcchahuaman & Porras	2023	<i>Macrobiotus</i> sp.	>30 km	Evaluar la resistencia de tardígrados a la radiación UV, baja presión y bajas temperaturas.	Los tardígrados sobrevivieron a la exposición estratosférica gracias a su capacidad de criptobiosis, confirmando su elevada tolerancia frente a condiciones ambientales extremas.
Perú	Dueñas-Parapar, & et al.	2024	<i>Solanum lycopersicum</i> y <i>Beta vulgaris</i>	≈25–30 km	Analizar la viabilidad de las semillas y el alargamiento temprano de tallos y raíces de las plántulas expuestas a condiciones estratosféricas.	La exposición estratosférica produjo diferencias en la germinación y el desarrollo temprano de plántulas, evidenciando efectos fisiológicos asociados al estrés ambiental.
Perú	Alcchahuaman-Huayya, et al.	2025	Heterotardígrados	35 km	Estimar la viabilidad de los heterotardígrados enviados a la estratosfera.	Los heterotardígrados no conservaron viabilidad después del vuelo estratosférico, aportando una nueva perspectiva sobre los límites de supervivencia de estos organismos.

La investigación de Dueñas-Parapar et al. (2024) amplió el alcance de los experimentos biológicos en la región al evaluar el efecto de las condiciones estratosféricas sobre semillas de *Solanum lycopersicum* y *Beta vulgaris*. A diferencia de los trabajos centrados en microorganismos e invertebrados, este estudio incorporó organismos vegetales como modelos experimentales y demostró que la exposición a la estratósfera puede influir en la germinación y el desarrollo inicial de las plántulas. Estos resultados evidencian el potencial de los globos estratosféricos para investigaciones relacionadas con fisiología vegetal y agricultura espacial, áreas de creciente interés debido a la necesidad de desarrollar sistemas sostenibles de producción de alimentos para futuras misiones de exploración espacial.

El estudio de Allicahuaman-Huauya et al. (2025) representa el primer reporte en América Latina que evaluó la viabilidad de heterotardígrados tras ser expuestos mediante globos sonda a condiciones estratosféricas, a aproximadamente 35 km de altitud. A diferencia de lo documentado para diversos eutardígrados, los resultados mostraron que ninguno de los heterotardígrados sobrevivió a la exposición, lo que sugiere que las condiciones combinadas de radiación ultravioleta, baja presión atmosférica y temperaturas extremas superaron la capacidad de resistencia de los organismos evaluados. Este hallazgo aporta una perspectiva novedosa sobre la diversidad de respuestas dentro del filo Tardigrada y sugiere que la tolerancia a ambientes extremos puede variar entre diferentes grupos taxonómicos. En este sentido, el estudio establece una línea base para futuras investigaciones comparativas que permitan comprender los mecanismos fisiológicos, ecológicos y evolutivos asociados con la resistencia diferencial de los tardígrados frente a condiciones análogas a las del espacio.

En conjunto, los cuatro estudios revisados evidencian una evolución en las investigaciones biológicas realizadas con globos estratosféricos en América Latina. Mientras que el primer trabajo se enfocó en microorganismos extremófilos, las investigaciones posteriores incorporaron tardígrados y plantas, las investigaciones posteriores incorporaron invertebrados y plantas, ampliando el espectro de organismos utilizados para estudiar la resistencia biológica en ambientes extremos. Esta diversificación demuestra la versatilidad de los globos estratosféricos como plataformas experimentales y pone de manifiesto su utilidad para responder preguntas relacionadas con la adaptación fisiológica, la supervivencia de organismos y los límites de la vida bajo condiciones similares a las del espacio cercano.

A pesar de estos avances, la producción científica regional continúa siendo reducida en comparación con la de otras regiones del mundo, lo que evidencia la necesidad de fortalecer la cooperación entre universidades, centros de investigación y programas dedicados a las ciencias espaciales. El desarrollo de proyectos colaborativos permitirá incrementar el número de investigaciones, ampliar la diversidad de organismos evaluados y consolidar una base científica regional en astrobiología y microbiología experimental.

Finalmente, además de su contribución científica, los estudios analizados demuestran el importante potencial educativo de los globos estratosféricos. Estas plataformas permiten integrar conocimientos de biología, microbiología, ingeniería, física atmosférica y ciencias espaciales en proyectos experimentales de bajo costo, favoreciendo la participación activa de estudiantes en todas las etapas del proceso científico. En consecuencia, su implementación constituye una estrategia valiosa para fortalecer la formación de recursos humanos, promover la investigación interdisciplinaria y estimular el desarrollo de nuevas iniciativas científicas en América Latina.

3. Conclusiones

La revisión realizada demuestra que los globos estratosféricos representan una herramienta experimental accesible y eficiente para el estudio de organismos biológicos en condiciones ambientales extremas. Los estudios identificados en América Latina evidencian avances iniciales en la investigación de la resistencia de microorganismos, tardígrados y semillas a condiciones estratosféricas, particularmente en Perú y Brasil, lo que refleja un creciente interés regional en el desarrollo de experimentos relacionados con la astrobiología y la microbiología atmosférica.

Asimismo, los experimentos con globos sonda presentan un alto potencial educativo, ya que permiten desarrollar proyectos interdisciplinarios que integran biología, física atmosférica y ciencias espaciales. Estas iniciativas contribuyen al fortalecimiento de la educación científica y al desarrollo de capacidades tecnológicas en instituciones académicas y programas escolares. Finalmente, se resalta la necesidad de ampliar la investigación en este campo mediante la implementación de nuevos proyectos experimentales, el fortalecimiento de colaboraciones científicas internacionales y la promoción de programas educativos que fomenten el interés por la astrobiología y la microbiología atmosférica en América Latina.

Referencias

- Alccahuaman-Huauya, L., Macedo-Bedoya, J., Calderón Ayala, L., & Vicente Ruiz, H. L. (2025). *Evaluación de la supervivencia de los tardígrados en anoxibiosis: límites de la criptobiosis en condiciones extremas*. Revista Científica de Astrobiología, 2, 24–31. <https://doi.org/10.69976/aspast.v2n1.2>
- Alccahuaman, L., & Porras, G. (2023). *Evaluación de la resistencia de los tardígrados en la estratosfera*. Revista ECIPerú, 20(2), 50–53.
- Cortêsão, M., Siems, K., Koch, S., Beblo-Vranesovic, K., Rabbow, E., Berger, T., Lane, M., James, L., Johnson, P., Waters, S. M., Verma, S. D., Smith, D. J., & Moeller, R. (2021). *Fungal and bacterial endurance from a balloon-flown analog mission in the stratosphere*. Frontiers in Microbiology, 12, 1–18. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.601713>
- Díez, J., Moreno, G., Del Peral, L., Adams, J. H., Rodríguez-Frías, M. D., & Manjón, J. L. (2020). *Fuligo septica spores onboard a stratospheric balloon and its complete life cycle*. Astrobiology, 20(3), 394–404. <https://doi.org/10.1089/ast.2019.2097>
- Dueñas-Parapar, D., Ostolaza-Saz, A. E., García-Orosco, M. A., Chon-Torres, O. A., & González-Figueroa, H. D. A. (2024). *Efecto de las condiciones estratosféricas en la germinación y plántulas de Solanum lycopersicum “tomate principe borghese” y Beta vulgaris “betarraga”*. BIOTEMPO, 21, 45–52. <https://doi.org/10.31381/biotempo.v21i1.6412>
- Horneck, G., Klaus, D., & Mancinelli, R. (2010). *Space microbiology*. Microbiology and Molecular Biology Reviews, 74, 121–156. <https://doi.org/10.1128/MMBR.00016-09>
- Li, Q., Hu, C., & Yang, H. (2022). *Responses of cyanobacterial crusts and microbial communities to stratospheric conditions*. Microorganisms, 10(6), 1252. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10061252>

- Nicholson, W. L., Munakata, N., Horneck, G., Melosh, H., & Setlow, P. (2000). *Resistance of Bacillus endospores to extreme terrestrial and extraterrestrial environments*. Microbiology and Molecular Biology Reviews, 64(3), 548–572. <https://doi.org/10.1128/MMBR.64.3.548-572.2000>
- Pulschen, A. A., de Araujo, G. G., de Carvalho, A. C. S. R., Cerini, M. F., Fonseca, L. M., Galante, D., & Rodrigues, F. (2018). *Survival of extremophilic yeasts in the stratospheric environment during balloon flights and in laboratory simulations*. Applied and Environmental Microbiology, 84(23), 1–12. <https://doi.org/10.1128/AEM.01942-18>
- Smith, D. J., Jaffe, D. A., Birmele, M. N., Griffin, D. W., Schuerger, A. C., Hee, J., & Roberts, M. S. (2012). *Free tropospheric transport of microorganisms from Asia to North America*. Microbial ecology, 64(4), 973–985. <https://doi.org/10.1007/s00248-012-0088-9>
- Smith, D. J., & Sowa, M. B. (2020). *Ballooning for biologists: Mission essentials for flying life science experiments to near space on NASA large scientific balloons*. Gravitational and Space Research, 5, 52–73. <https://doi.org/10.2478/gsr-2017-0005>