

¿Por qué la investigación en astrobiología, astroquímica y ciencias del espacio es relevante para la Neurología y ciencias relacionadas?

Why Is Research in Astrobiology, Astrochemistry, and Space Sciences Relevant to Neurology and Related Disciplines?

Manuel E. Cortés

Señora Editora:

La neurología moderna enfrenta el gran desafío de comprender la plasticidad y vulnerabilidad del sistema nervioso (SN) en condiciones extremas, por ejemplo, el entorno espacial. Se deben entonces discutir las interrelaciones entre astrobiología, astroquímica, neurociencia y medicina espacial.

La exposición a microgravedad, radiación cósmica, confinamiento prolongado, hipercapnia y disrupciones circadianas alteran la estructura cerebral, sistema vestibular, cognición y dinámica neuroinmune durante y después de las misiones espaciales.^{1,2} Estas alteraciones se agrupan en síndromes como el Spaceflight-Associated Neuro-ocular Syndrome (SANS), cuyas manifestaciones incluyen edema de disco óptico, aplanamiento del globo ocular, y disfunciones dopaminérgicas y serotoninérgicas. Han sido observadas en humanos y animales, constituyendo un modelo excepcional para estudiar trastornos neurodegenerativos, disautonomías, afecciones vestibulares y trastornos del sueño.^{2,3} Desde la astroquímica, el hallazgo de aminoácidos quirales en meteoritos carbonáceos sugiere que algunos componentes prebióticos esenciales para la bioquímica terrestre —incluidos posibles precursores de neurotransmisores— podrían tener un origen exógeno, lo que enriquece la reflexión sobre la evolución molecular y los fundamentos químicos del SN.⁴ Asimismo, los avances en genómica espacial (por ejemplo, Space Omics Medical Atlas), están permitiendo trazar perfiles de susceptibilidad neurológica, anticipar riesgos y diseñar estrategias personalizadas de protección en vuelos espaciales.⁵ La neurociencia espacial también ha documentado alteraciones funcionales y estructurales, e.g., cambios en conectividad

cerebral, hiperintensidades en sustancia blanca y deterioro de la percepción espacial, presentes incluso en vuelos de duración media.^{6,7} Estos hallazgos se replican parcialmente en modelos terrestres, e.g., reposo en cama con inclinación cefálica, lo cual permite validar intervenciones neuroprotectoras en fases tempranas⁸ (Tabla1).

Tabla 1. Factores espaciales y sus efectos neurológicos con implicancias clínicas.

Factor espacial principal*	Efectos neurológicos clave	Relevancia neuroclínica y modelo de estudio
Microgravedad y redistribución de fluidos.	Disfunción vestibular, SANS, cambios en la conectividad cerebral.	Observado en astronautas, HDBR y modelos animales; útil en estudio de vértigo, SANS y plasticidad post-ACV. ^{1,2}
Radiación cósmica y ambiente ionizante.	Daño neurocelular, neuroinflamación, riesgo neurodegenerativo.	Modelado en roedores y cultivos; aplicable a investigación en Alzheimer, Parkinson y envejecimiento cerebral ²
Confinamiento, aislamiento y disrupción circadiana.	Trastornos del ánimo, fatiga, alteración del sueño y deterioro cognitivo.	Registrado en estaciones espaciales y análogos terrestres; extrapolable a TAE, depresión, insomnio. ^{2,3}
Cambios genómicos y epigenéticos.	Alteración de genes dopaminérgicos y serotoninérgicos, neuroplasticidad alterada.	Estudio en animales y en el Space Omics Medical Atlas; base para medicina personalizada en neuropsiquiatría. ⁵

*Investigar estos factores posiciona a América Latina en la frontera del conocimiento y promueve capacidades estratégicas en salud, tecnología e investigación aeroespacial, fortaleciendo la soberanía científica regional y fomentando la innovación interdisciplinaria con impacto global. Abreviaturas: SANS: Spaceflight-Associated Neuro-ocular Syndrome; HDBR: Head-Down Bed Rest (reposo en cama con inclinación cefálica); ACV: Accidente cerebrovascular; TAE: Trastorno afectivo estacional. Fuente: Elaboración propia en base a las referencias analizadas.

Frente a la expansión del turismo espacial y futuras misiones interplanetarias, por ejemplo, a Marte,³ se concluye que las disciplinas previamente mencionadas deben integrarse con la medicina aeroespacial. Comprender cómo se adapta el SN al entorno espacial es esencial para preservar la salud de los tripulantes y también abre una vía traslacional valiosa para comprender y tratar patologías neurológicas en la Tierra. Estos avances además colaboran en el permanente anhelo humano de comprender el cosmos, de ir más allá, hacia el espacio, la frontera final.

Referencias

1. Van Ombergen A, Jillings S, Jeurissen B, Tomilovskaya E, Rumshiskaya A, Litvinova L, et al. Brain ventricular volume changes induced by long-duration spaceflight. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2019;116(21):10531-6. <https://doi.org/10.1073/pnas.1820354116>
2. Lee AG, Mader TH, Gibson CR, Tarver WJ, Rabiei P, Riascos RF, et al. Spaceflight associated neuro-ocular syndrome (SANS) and the neuro-ophthalmologic effects of microgravity: A review and an update. *NPJ Microgravity*. 2020;6:7. <https://doi.org/10.1038/s41526-020-0097-9>
3. Rappaport MB, Corbally CJ. Bio-medical research on response to spaceflight for emerging civilian and commercial sectors in cislunar space, Mars and beyond. *J Neuro Oncol Res*. 2024;4(2):1-14. <https://doi.org/10.46889/JNOR.2024.4205>
4. Pizzarello S, Shock E. The organic composition of carbonaceous meteorites: The evolutionary story ahead of biochemistry. *Cold Spring Harb Perspect Biol*. 2010;2(3):a002105. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a002105>
5. Overbey EG, Kim J, Tierney BT, Park J, Houerbi N, Lucaci AG, et al. The Space Omics and Medical Atlas (SOMA) and international astronaut biobank. *Nature*. 2024;632(8027):1145-1154. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07639-y>
6. Roberts DR, Albrecht MH, Collins HR, Asemani D, Chatterjee AR, Spampinato MV, et al. Effects of spaceflight on astronaut brain structure as indicated on MRI. *N Engl J Med*. 2017;377(18):1746-53. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1705129>
7. Gupta U, Baig S, Majid A, Bell SM. The neurology of space flight; How does space flight affect the human nervous system? *Life Sci Space Res*. 2023;36:105-15. <https://doi.org/10.1016/j.lssr.2022.09.003>
8. Frantidis CA, Kontana E, Karkala A, Nigdelis V, Karagianni M, Nday CM, et al. Current trends and future perspectives of space neuroscience towards preparation for interplanetary missions. *Neurol India*. 2019;67(S2):S182-7. <https://doi.org/10.4103/0028-3886.259124>

Palabras clave: *Astrobiología; Medicina Aeroespacial; Microgravedad; Neurología Espacial; SANS*

Keywords: *Aerospace Medicine; Astrobiology; Microgravity; Neuroscience; SANS; Space Neurology*

Declaración de autoría: *El autor concibió la idea, recopiló la bibliografía, redactó el manuscrito y revisó críticamente el contenido final.*

Conflictos de interés: *El autor declara que no posee conflictos de interés que puedan sesgar el contenido expresado en este artículo.*

Fuentes de financiamiento: *Artículo autofinanciado, no recibió financiamiento de ningún proyecto o agencia.*