



Epistemus (Sonora)

ISSN: 2007-8196

Universidad de Sonora, División de Ingeniería

Valencia Meza, Sebastián Alejandro; Ortiz Alegría, Anely  
El desarrollo de la Astrobiología como ciencia  
Epistemus (Sonora), vol. 16, núm. 33, 2022, Julio-Diciembre, pp. 33-38  
Universidad de Sonora, División de Ingeniería

DOI: <https://doi.org/10.36790/epistemus.v16i33.214>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=726276432004>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org



Sistema de Información Científica Redalyc  
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso  
abierto

# El desarrollo de la Astrobiología como ciencia

The development of astrobiology as a science

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

Sebastián Alejandro Valencia Meza <sup>1</sup>  
Anely Ortiz Alegría <sup>2</sup>

Recibido: 08 / 11 / 2021

Aceptado: 04 / 11 / 2022

Publicado: 15 / 11 / 2022

DOI: <https://doi.org/10.36790/epistemus.v16i33.214>

Autor de Correspondencia:  
Sebastián A. Valencia-Meza  
Correo : [a217208385@unison.mx](mailto:a217208385@unison.mx)

## Resumen

La astrobiología es una ciencia que se encarga de estudiar el origen, la distribución y la evolución de la vida en el universo. Su origen es reciente y el camino para su desarrollo estuvo lleno de retos, sin embargo, en la actualidad es una de las ramas del conocimiento más importantes. El presente artículo abarca la historia de la astrobiología para su consolidación como ciencia, mencionando a algunos de los científicos exponentes en el tema, que realizaron los aportes más relevantes a esta disciplina.

**Palabras clave:** astrobiología, origen, historia.

## Abstract

*Astrobiology is a science that studies the origin, distribution and evolution of life in the universe. Its origin is recent and the path to its development was full of challenges, however, at present it is one of the most important disciplines. This article covers the history of astrobiology for its consolidation as a science, mentioning some of the scientific exponents in the field who made the most relevant contributions to this discipline.*

**Keywords:** astrobiology, origin, history.

<sup>1</sup> Estudiante de licenciatura en Biología, Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, Correo electrónico: [a217208385@unison.mx](mailto:a217208385@unison.mx)

<sup>2</sup> Estudiante de licenciatura en Biología, Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, Correo Electrónico: [a218201619@unison.mx](mailto:a218201619@unison.mx)

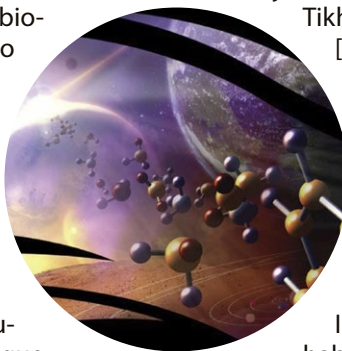


## INTRODUCCIÓN

La Astrobiología es el estudio de la vida en el Universo. Su carácter multidisciplinario requiere de la interacción de la astrofísica, la geología y la biología, todas ellas en la búsqueda de vida extraterrestre a través de la exploración in situ, la espectroscopía de atmósferas planetarias solares y extrasolares. Además, hacen uso del modelaje con base en los organismos encontrados en la Tierra [1].

La Astrobiología busca responder preguntas tales como, ¿De qué manera se originó la vida en el planeta Tierra? y ¿Cuáles fueron las características que permitieron el desarrollo de la vida en este planeta?

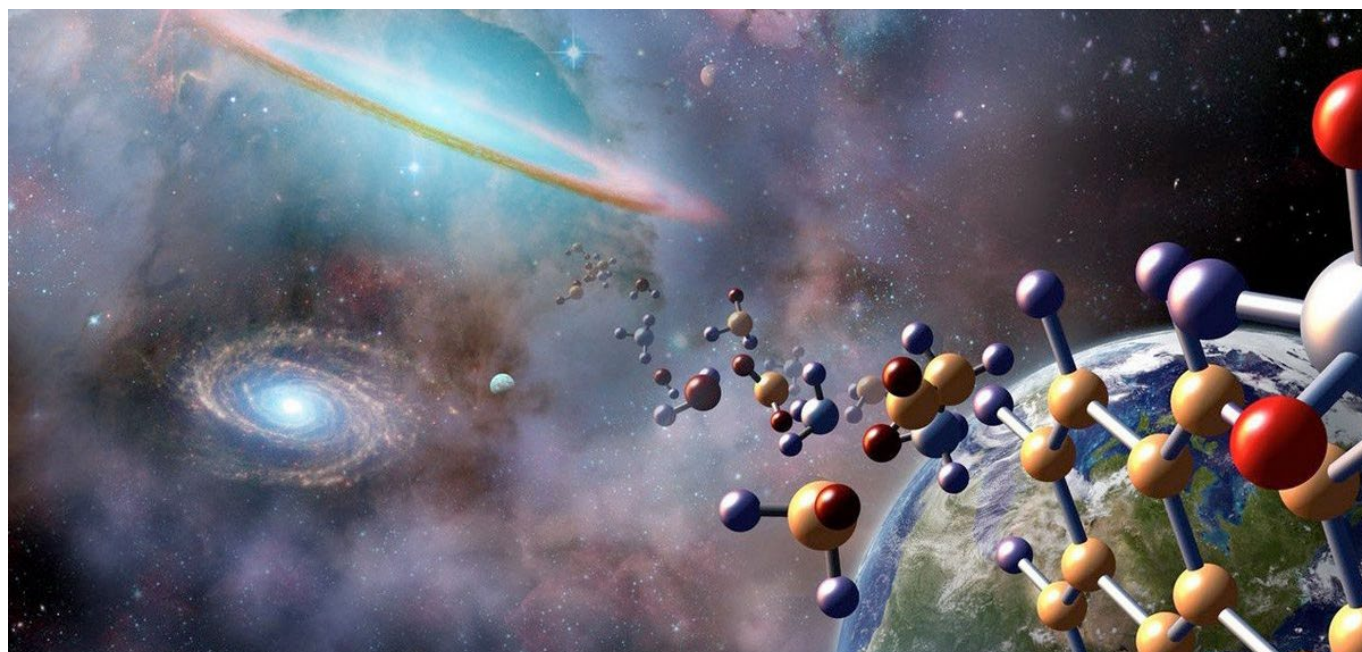
Siendo preguntas tan vastas, las respuestas recaen en el trabajo colaborativo y en el desarrollo de nuevas tecnologías, apoyándose del trabajo tanto teórico como en laboratorio. Es por eso que en la astrobiología se necesita un espacio comunicativo para obtener la visión holística necesaria para responder las preguntas que se plantean. De esta manera en los grandes centros de investigación de astrobiología se trabaja con profesionales en distintas áreas de la ciencia y los enfoques de investigación son diversos. En el Centro de Astrobiología (CAB) localizado en Madrid, España se trabaja tanto en la simulación de posibles escenarios planetarios que puedan albergar vida, estudio de biomarcadores en sistemas extrasolares o exoplanetas, los distintos metabolismos hipotéticos que pueden presentar organismos vivos y la química prebiótica. Para desarrollar este tipo de estudios se requiere de la interacción de la bioquímica, la astronomía, la astrofísica, la biología molecular y la informática [2].



## DESARROLLO

La historia de la astrobiología se inicia durante la segunda guerra mundial, cuando la ciencia incluía un desarrollo tecnológico vasto. Con el financiamiento de programas para la búsqueda de armas y desarrollo industrial, disciplinas novedosas comenzaron a cobrar el interés de gobiernos que antes tenían una visión sesgada hacia aspectos muy concretos. Esta necesidad por el desarrollo científico y tecnológico dejó grandes aportaciones, como un gran desarrollo en la ingeniería y la producción masiva de la penicilina. A su vez nos brindó nuevas disciplinas de la ciencia antes inexploradas, donde se encontraba la astrobiología.

La Astrobiología nace como disciplina científica en Kazajistán en 1941, bajo el liderazgo de Gavriil Adrianovich Tikhov, considerado el pionero de la Astrobotánica [3]. Astrónomos de Moscú y Leningrado, apoyados por el gobierno soviético habían viajado a Alma-Ata en Kazajistán para observar el eclipse solar total del 21 de septiembre. Al final de la guerra, no todos estos astrónomos habían abandonado Alma-Ata y bajo la iniciativa del académico V.G. Fessenkov, se llevaron a cabo planes para construir un observatorio astrofísico. Con el apoyo de K.I. Satpaev, se creó el Instituto de Astronomía y Física dentro de lo que había sido la Academia de Ciencias de la República Soviética Socialista de Kazajistán (ASKSSR). En 1950 se dividió en dos: el Instituto Físico-Técnico y el Instituto de Astrofísica, que ahora lleva el nombre de su fundador V.G. Fessenkov. Tikhov dedicó sus años en Alma-Ata a investigar la posible ocurrencia de la vida fuera de la Tierra. Lideró la organización del Sector de Astrobotánica. Su equipo de investigación estaba compuesto por astróno-





mos, físicos y biólogos que investigaron la fluorescencia de las plantas en el infrarrojo y otras características ópticas. Junto con la investigación de astrobotánica, algunos de los astrónomos y estudiantes de posgrado realizaron observaciones espectrofotométricas de la Luna, planetas, cometas, asteroides, así como estrellas magnéticas (estrellas de neutrones con un campo magnético muy fuerte). Su objetivo principal era estudiar las propiedades ópticas de las plantas en diversas condiciones climáticas, incluidas las que se pensaba que existían en Marte y Venus. La idea básica era la posibilidad de que las plantas se adaptaran a las condiciones climáticas severas cambiando su reflectividad espectral. La existencia de vegetación en Marte se consideró seriamente en este contexto histórico porque las observaciones durante varias décadas habían mostrado cambios estacionales, como variaciones en el tamaño de los casquetes polares o en la coloración de las áreas más oscuras llamadas “mares”, esto se atribuyó erróneamente a la presencia de plantas. Sin embargo, a diferencia de la vegetación terrestre, el espectro de los “mares” marcianos no mostró la absorción característica de la clorofila, es importante la consideración de la absorbancia de la clorofila ya que esta es un pigmento presente en plantas, algas y bacterias fotosintéticas. Este pigmento les permite captar la energía de la luz y convertir compuestos inorgánicos como el CO<sub>2</sub> en compuestos orgánicos como carbohidratos. Por lo que esto sirvió como un poderoso argumento para los opositores a la presencia de vida en Marte. Pero el estudio espectroscópico de plantas que crecen en climas fríos había demostrado que la banda de absorción de la clorofila se ensancha, es decir que el rango dentro del espectro de la luz que la clorofila tiende a absorber se ensancha alcanzando un mayor rango de absorbancia. Este hallazgo fue la base para la suposición de Tikhov de que, en condiciones de muy baja temperatura, la absorción de clorofila podría volverse tan amplia que pasaría desapercibida dentro de una región espectral estrecha [3]. Es importante recalcar



que no existen plantas en Marte, sin embargo, el razonamiento de Tikhov, fue bastante importante en su tiempo.

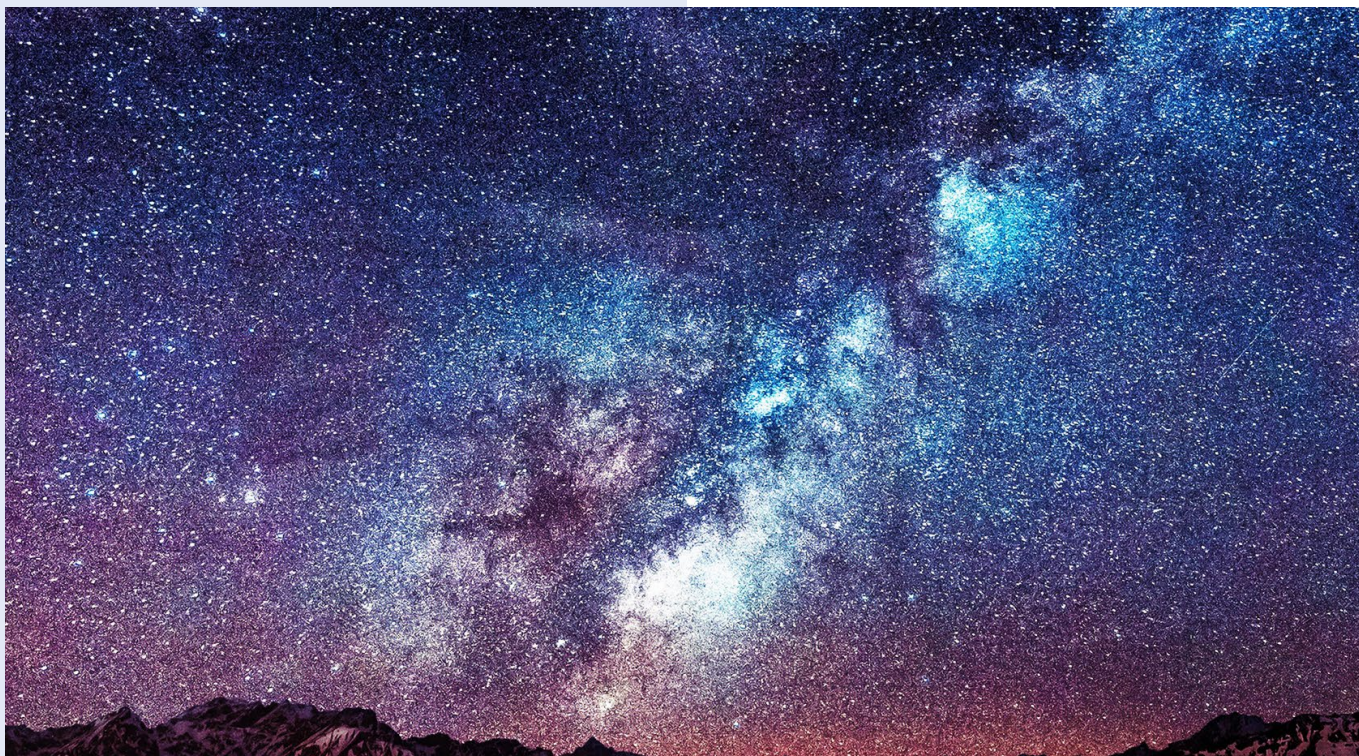
Para apoyar esta teoría, Tikhov y sus compañeros de trabajo realizaron una serie de expediciones en varias épocas del año a zonas de alta montaña, la tundra polar y regiones desérticas frías. Demostraron que las propiedades ópticas en realidad pueden modificarse bajo ciertas condiciones. A muy bajas temperaturas en particular, las plantas absorben energía solar no solo en el rango infrarrojo del espectro, sino también en el rango rojo e incluso amarillo-verde de la región visible. De esta manera se planteó erróneamente que las plantas en Marte absorben todas las frecuencias, pero reflejan solo los violetas y azules. Este razonamiento no es correcto, la superficie de Marte no cuenta con plantas, sin embargo, de su razonamiento y el estudio de la comprensión fisiológica de la vida en la Tierra para hacer inferencias de cómo se podría comportar la vida en otros sitios, parte hacia un pensamiento astrobiológico [4].

Con esto Tikhov estaba desarrollando técnicas que en la actualidad constituyen varias de las disciplinas actuales de la astrobiología y el desarrollo de modelos predictivos de vida en otros planetas tales como los modelos de habitabilidad, estos modelos se utilizan para determinar si un entorno es habitable o los factores claves que son responsables de la transición gradual de estados de habitabilidad bajos a altos (Méndez, 2021). Algunos de los modelajes que se generan actualmente consideran aspectos como los pigmentos, tomando en cuenta los procesos de fotosíntesis. Como la fotosíntesis en la Tierra fue un proceso que permitió el desarrollo de la vida en la Tierra que pueden detectarse astronómicamente a escala global, un foco fuerte de la búsqueda de vida extrasolar sería la fotosíntesis [5].

La astrobiología cobró relevancia y reconocimiento internacional a finales de la década de 1950, ya que en ese momento se encontraban dos grupos de científicos designados a la búsqueda de “vida extraterrestre” por el gobierno estadounidense. A estos grupos se les llamaban proyectos de Bioastronáutica, donde el enfoque era el de-







sarrollo de dispositivos de abordaje y la búsqueda de vida en Marte. El primer grupo de científicos constituyeron el Panel 2 sobre Vida Extraterrestre del Comité Nacional de Bioastronáutica, presidido por Melvin Calvin, especialista en bioquímica y descubridor del ciclo de Calvin. Además de contar con la participación de Carl Sagan, uno de los más respetados divulgadores de la ciencia. El segundo grupo formaba el Panel sobre Vida Extraterrestre de la Academia Nacional de Ciencias, el cual era encabezado por Joshua Lederberg, premio Nobel de Medicina en 1958, destacado biólogo y genetista, área en la que realizó descubrimientos de genética bacteriana junto con su esposa Esther Lederberg.

Lederberg publicó en 1960 un artículo donde, por primera vez, se acuñó el término de exobiología para referirse a la biología de origen extraterrestre [6]. Años después, el propio Lederberg hace una aproximación más actualizada a lo que es la astrobiología, mencionando que el objetivo principal de la investigación astrobiológica es la comparación de los diferentes modelos de evolución química planetaria, haciendo énfasis en sus características dominantes. Con ello hace énfasis en que la exobiología no se limita a la posible vida fuera de la Tierra, sino también a la comprensión de la vida terrestre para el modelaje de la posible vida extraterrestre [7]. Un ejemplo de organismo terrestre que puede soportar condiciones extremas, tales como las que se pueden presentar en el espacio, son los tardígrados (Figura 1). Estos animales, cuentan con procesos de criptobiosis que les permiten tolerar condiciones de alta salinidad, radiación, desecación, etc., permaneciendo en estado de latencia hasta que las condiciones vuelvan a ser ópti-

mas para cumplir su ciclo de vida, se han realizado estudios que indican a los tardígrados como un organismo modelo para la investigación astrobiológica, en 1964, se publicó un artículo titulado "Actions différentielles des rayons x et ultraviolets sur le tardigrade *Macrobiotus areolatus*", donde se planteó por primera vez a los tardígrados como posibles modelos para investigación especial debido a su resistencia a la radiación [8]. Con esto el interés en los tardígrados como modelo aumentó. Por lo que en 2007 Jönsson, publicó un estudio proponiendo que los tardígrados pueden ser organismos modelo adecuados para estudios astrobiológicos debido a su resistencia a la deshidratación, tolerancia a temperaturas extremas y a la radiación, para esto se comparó con otros animales anhidrobióticos (que pueden estabilizarse en un estado de latencia por falta de agua), como las artemias o los quironómidos y los tardígrados mostraron una mayor resistencia a la radiación [9]. En el mismo año, se realizaron tres proyectos espaciales durante la misión FOTON-M3. El proyecto Tardigrade Resistance to Space Effects (TARSE) fue el primero, donde su objetivo era analizar el impacto del estrés ambiental, los rasgos de la historia de vida y los daños en el ADN a bordo de la nave espacial en *Paramacrobiotus richtersi*. En este proyecto, tardígrados activos y anhidrobióticos fueron expuestos a radiación en condiciones de microgravedad [10]. El segundo proyecto fue TARDIS (Tardigrada In Space). Su principal objetivo fue comprobar si los tardígrados de dos especies, *Milnesium tardigradum* y *Richtersius coronifer*, eran capaces de sobrevivir en condiciones de espacio abierto. Demostrando que los tardígrados pueden sobrevivir a la exposición al vacío espacial, sin embargo, factores como la



radiación solar ultravioleta, radiación ionizante y radiación cósmica redujeron su tasa de sobrevivencia [11]. En el tercer proyecto RoTaRad (Rotifers, Tardigrades and Radiation), se examinaron los efectos sobre la supervivencia inicial, la supervivencia a largo plazo y la fecundidad de especies seleccionadas de tardígrados limnoterrestres así como de rotíferos en condiciones de estrés extremo (principalmente radiación) [12]. Estos estudios fueron relevantes en el área de la astrobiología ya que el proceso de criptobiosis permite una nueva visión ante como podría comportarse la vida en otros planetas, manteniéndose en latencia hasta que las condiciones sean óptimas [13]. Con estos estudios enunciados se puede mostrar cómo ha evolucionado la investigación en la astrobiología y como es la investigación actual, sin embargo, en la década de 1980 seguía existiendo escepticismo. Hasta que en 1996, tras el descubrimiento de ALH80001 un meteorito de origen marciano que generó gran controversia ya que se especulaba contaba con la presencia de vida bacteriana, la NASA financió la realización de programas ambiciosos en astrobiología, con lo cual la astrobiología se desarrolló como una ciencia independiente de gran importancia en la investigación espacial, y se acotó a su concepción actual donde es definida como el estudio de los orígenes, distribución, y evolución de la vida en el universo [14].

Es importante recalcar que al igual que la NASA jugó un papel fundamental en el desarrollo de la astrobiología en Estados Unidos, esta área tuvo su desarrollo a lo largo del mundo. El desarrollo de la astrobiología en Iberoamérica partió como Joan Oró, bioquímico español y ganador de la medalla Oparin por la Sociedad Internacional para el Estudio del Origen de la Vida (ISSOL), sus aportaciones al área de la astrobiología ocurrieron durante la década de 1960 y fueron principalmente el descubrimiento de la síntesis de adenina a partir de ácido cianhídrico, la adenina es una de las cuatro bases del ADN con lo cual conocer su síntesis puede ser importante para hacer inferencias sobre donde se puede encontrar. Además de esto, Oró realizó investigaciones con la NASA, como el proyecto Apolo para análisis de las rocas y material de la Luna y en el proyecto Viking donde desarrolló experimentos para la busca de posibles microorganismos (los resultados no mostraron existencia de microorganismos en Marte) y el conocimiento de la superficie marciana. Y su aportación principal al área de la astrobiología fue el desarrollo de la Primera Escuela Iberoamericana de Astrobiología junto con Julián Chela Flores. En latinoamérica se resal-

tan las aportaciones de Carlos María Varsavsky, Fernando Raúl Colomb y Guillermo Lemarchand, para el desarrollo de la astrobiología en argentina. Varsavsky en 1968 publica el primer libro de un científico latinoamericano sobre búsqueda de vida inteligente en el universo además de dirigir el IAR (Instituto Argentino de Radioastronomía), Colomb participó como asistente de investigación de Frank Drake para la búsqueda de señales vida inteligente en el NRAO (National Radio Astronomy Observatory), además de actuar como director del IAR (Instituto Argentino de Radioastronomía) y participar como divulgador en el área de astrobiología en latinoamérica [15]. Guillermo Lemarchand fue director del programa SETI META II financiado por The Planetary Society en Instituto de radioastronomía de Argentina donde se buscan señales de vida inteligente en el universo, además de ser divulgador en el área y de publicar un libro de divulgación donde además documen-

ta el desarrollo de la astrobiología en latinoamérica "Astrobiología: del Big Bang a las civilizaciones" [16]. En México el desarrollo de la astrobiología ha sido basto, con grandes exponentes como Rafael Navarro investigador mexicano que colaboró con la NASA en el Sample Analysis at Mars, con su trabajo, contribuyó a la identificación de compuestos orgánicos en el planeta rojo. También fue invitado a participar en el instrumento HABIT (Habitability, Brine Irradiation and Temperature) de la misión ExoMars

de la Agencia Espacial Europea, un experimento diseñado para recolectar agua de la atmósfera de Marte. Otro gran exponente es Antonio Lazcano, biólogo evolutivo y representante en el área del origen de la vida, fue discípulo de Oparin y trabajó con Stanley Miller. Su trabajo impulsó la investigación sobre la temática del origen de la vida y la química prebiótica, además de participar como Presidente de la Sociedad Internacional sobre Estudios del Origen de la Vida (ISSOL) [15]. Una asociación mexicana representativa del área de astrobiología es el SOMA, es una sociedad civil que surgió en 1998 bajo los cimientos de la Sociedad Mexicana de Ciencias de la Vida en el Espacio, los objetivos de SOMA son estudiar las ciencias interdisciplinarias relacionadas con la vida en la Tierra, así como otros cuerpos planetarios; establecer colaboraciones entre organismos nacionales e internacionales; crear cursos en disciplinas relacionadas con la astrobiología, y difundir la importancia de la astrobiología al público (particularmente a la juventud). SOMA se unió al Instituto de Astrobiología de la NASA (NAI) como miembro afiliado en 2012 [17].



## CONCLUSIÓN

La astrobiología enfrentó retos en su desarrollo, pero ha logrado consolidarse como una novedosa rama en la investigación científica. Tratando de responder a preguntas importantes que la humanidad se ha planteado desde sus inicios, como lo serían las limitaciones que tiene la vida misma, o cómo se desarrollarían los organismos en ambientes interplanetarios que no presentan las condiciones a las que nosotros nos hemos habituado. En la actualidad esta área de la ciencia se ha planteado objetivos para un mayor progreso, consolidando en 2015 una estrategia para el desarrollo de la astrobiología por parte de la NASA [18]. Donde se establecieron objetivos de investigación financiados por la propia NASA. Recientemente en 2020 el Programa de Astrobiología de la NASA anunció la selección de ocho nuevos equipos de investigación interdisciplinarios, inaugurando el programa de Consorcios Interdisciplinarios para la Investigación de Astrobiología (ICAR). Estos equipos abarcan el espectro de la investigación en astrobiología, desde los orígenes cósmicos hasta la formación del sistema planetario, los orígenes y evolución de la vida y la búsqueda de vida más allá de la Tierra. México, por su lado, no se ha quedado atrás en investigaciones astrobiológicas. Gracias al SOMA se pueden estudiar y difundir más sobre esta ciencia. Así mismo, otro modelo (pues hay varios, no existen únicamente los tardígrados) del que se pueden partir inferencias astrobiológicas, engloba a los organismos extremófilos, quienes no sólo soportan condiciones atmosféricas radicales, sino que también habitan en las mismas. Haciendo de las aguas termales, o formaciones acuosas ácidas, un dulce y cómodo hogar. Es así como la astrobiología ha logrado ser formalizada como un área de importancia actual además de contar con el financiamiento y la formación de programas con un enfoque para su desarrollo.



Figura 1. Animación de un Tardigrado (Mylnesium sp.) Elaboración propia.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] C.F. Chyba & K.P. Hand, 2005. Astrobiology: The Study of the Living Universe. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* 43(1), pp. 31-74. DOI:10.1146/annurev.astro.43-051804.102202

- [2] Luque, B., Ballesteros, F., Márquez, M., Agea, A., & Lara, L. (2009). Astrobiología: Un puente entre el Big Bang y la vida. Ediciones Akal.
- [3] V. Tejfel, 2009. Gavriil Adrianovich Tikhov (1875-1960) a pioneer in astrobiology. *Proceedings of the International Astronomical Union*, 5(H15), pp. 720-721
- [4] V. Bazykine, 1960. The new science of astrobotany. *South African Journal of Science*, 56(19), pp. 229-231
- [5] N.Y. Kiang, A. Segura, G. Tinetti, R.E. Blankenship, M. Cohen, J. Siefert, ... & V.S. Meadows, 2007. Spectral signatures of photosynthesis II. Coevolution with other stars and the atmosphere of extrasolar worlds. *Astrobiology*, 7(1), pp. 252-274
- [6] J. Lederberg, 1960. Exobiology: approaches to life beyond the Earth. *Science* 132(3424), pp. 393-400
- [7] G.A. Lemarchand & G. Tancredi, 2010. Una breve historia social de la astrobiología en Iberoamérica. *Astrobiología: del Big Bang a las Civilizaciones, Tópicos Especiales en Ciencias Básicas e Ingeniería* 1, pp. 23-52
- [8] RM, May, 1964. Action différentielle des rayons x et ultraviolets sur le tardigrade *Macrobiotus areolatus*, a léétat actif et desséché. *Toto. Biol. Francia Bélgica*, 98, 349-367
- [9] Jonsson, KI, 2007. Los tardígrados como organismo modelo potencial en la investigación espacial. *Astrobiología*, 7(5), 757-766
- [10] Altiero, T., Guidetti, R., Caselli, V., Cesari, M., Rebecchi, L., 2011. Tolerancia a la radiación ultravioleta en eutardígrados hidratados y desecados. *Revista de Sistemática Zoológica e Investigación Evolutiva*, 49, 90-97
- [11] KI, Jonsson, E, Rabbow, RO, Schill, M, Harms-Ringdahl, P, Rettberg, 2008. Los tardígrados sobreviven a la exposición al espacio en órbita terrestre baja. *Biología actual*, 18(17), R729-R731
- [12] D. Persson, KA, Halberg, A, Jorgensen, C Ricci, N Mobjerg, RM Kristensen, 2011. Tolerancia al estrés extremo en tardígrados: condiciones espaciales sobrevivientes en órbita terrestre baja. *Revista de Sistemática Zoológica e Investigación Evolutiva* 49, 90-97
- [13] E. Weronika, & K Lukasz, 2017. Tardigrades in space research-past and future. *Origins of Life and Evolution of Biospheres* 47(4), 545-553
- [14] S.I. Ramírez & H. Terrazas, 2006. Astrobiología, una nueva disciplina científica. *Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos* (3), pp. 45-54
- [15] G.A. Lemarchand & G Tancredi (Eds), 2010. Astrobiología: del Big Bang a las Civilizaciones. UNESCO
- [16] XC. Abrevaya, 2020. Breve historia de la astrobiología en Argentina. *arXiv preprint arXiv:2010.13883*
- [17] K. Cervantes de la Cruz, G. Cordero-Tercero, Y, Gómez Maqueo Chew, I. Lozada-Chávez, L. Montoya, SI Ramírez-Jiménez, A. Segura. 2020. Astrobiology and Planetary Sciences in Mexico. In *Astrobiology and Cuatro Ciénegas Basin as an Analog of Early Earth* (pp. 31-74). Springer, Cham.
- [18] Hays, L., Achenbach, L., Bailey, J., Barnes, R. K., Baroaa, J. A., Bertka, C., & Worsworth, R. D. (2015). NASA Astrobiology Strategy 2015. Retrieved from the NAI website [https://nai.nasa.gov/media/medialibrary/2015/10/NASA\\_Astrobiology\\_Strategy\\_2015\\_151008](https://nai.nasa.gov/media/medialibrary/2015/10/NASA_Astrobiology_Strategy_2015_151008).

## Cómo citar este artículo:

Valencia Meza, A., & Ortiz Alegría, A. (2022). El desarrollo de la Astrobiología como ciencia: Astrobiología. *EPISTEMUS*, 16(33).

<https://doi.org/10.36790/epistemus.v16i33.225>