EIDON, nº 64
diciembre 2025, 64: 52-69
DOI: 10.13184/eidon.64.2025.52-69

A fondo

¿Qué es la vida? Reflexiones bioéticas sobre la astrobiología

What is life? Bioethical reflections on astrobiology

Rodrigo Siqueira-Batista

Faculdade Dinâmica do Vale do Piranga, Brasil. Universidade Federal de Viçosa, Brasil.

Felipe Gómez Gómez

Centro de Astrobiología, Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, España.

Resumen

La investigación del origen y la evolución de la vida en el Universo –en la Tierra y potencialmente más allá– es ámbito de la Astrobiología. Esta área del conocimiento ha planteado importantes cuestiones éticas en la actualidad, que deben discutirse adecuadamente para que las actividades humanas en el espacio puedan continuar de manera segura, tema que será debatido en este artículo. Los análisis se organizan según el siguiente camino: (1) abordaje de la pregunta ¿qué es la vida? –cuyas respuestas han sido hasta hoy no concluyentes–, enfatizando aspectos epistemológicos y consecuencias éticas relacionadas, particularmente la posibilidad de contaminación de (i) cuerpos celestes por seres vivos terrestres y (ii) de la Tierra por formas de vida extraterrestres; y (2) presentación de notas preliminares sobre los enfoques bioéticos de la astrobiología, con énfasis en la aplicabilidad de la Bioética de protección –con su triple función de describir los conflictos, prescribir la mejor conducta y proteger a los involucrados– y la (Bio)ética para todos los seres –con los conceptos claves: [*quididad*], interdependencia, totalidad y compasión laica–, corrientes que permiten incluir todo lo que existe (en la Tierra y más allá) en el listado de consideraciones éticas y como núcleo de diferentes prácticas de protección. Estas notas refuerzan la necesidad de una discusión amplia sobre los desafíos éticos de la astrobiología, que pueden abordarse con las herramientas teóricas de la bioética, desde la perspectiva de combinar hechos y valores científicos, tal vez como un auténtico "*puente hacia el futuro*".

Palabras clave: Astrobiología, Bioética, Ética, Vida.

Abstract

The investigation of the origin and evolution of life in the Universe – on Earth and potentially beyond – is the scope of Astrobiology. This area of knowledge has raised important ethical questions nowadays, which must be properly debated so that human activities in space can continue safely, a topic that will be discussed in this article. The analyses are organized according to the following path: (1) addressing the question: what is life? – the answers to which have been inconclusive to date –, emphasizing epistemological aspects and related ethical consequences, particularly the possibility of contamination of (i) celestial bodies by terrestrial living beings and (ii) of the Earth by extraterrestrial life forms; and (2) presentation of preliminary notes on the bioethical approaches of astrobiology, with emphasis on the applicability of Bioethics of Protection – with its triple function of describing conflicts, prescribing the best conduct and protecting those involved – and (Bio)ethics for all beings – with the key concepts: [*quidity*], interdependence, totality and secular compassion –, currents that allow including everything that exists (on Earth and beyond) in the list of ethical considerations and as the core of different practices of protection. These notes reinforce the need for a broad discussion on the ethical challenges of astrobiology, which can be addressed with the theoretical tools of bioethics, from the perspective of combining scientific facts and values, perhaps as a true "*bridge to the future*".

Keywords: Astrobiology, Bioethics, Ethics, Life.

© Todos los derechos reservados - FUNDACIÓN DE CIENCIAS DE LA SALUD

1. Introducción

La astrobiología es un área de investigación interdisciplinaria dedicada a estudiar los orígenes, ocurrencia, evolución, adaptación y futuro de la vida en el Universo (NASA, 2024). Este campo de pesquisa une elementos de las ciencias naturales, las matemáticas, la epistemología, el derecho y la ética para reflexionar sobre las implicaciones morales, sociales y científicas de la presencia del *Homo sapiens* en el cosmos.

En la actualidad, su campo de estudios se restringe al planeta Tierra, el único lugar donde está documentada la existencia de vida. Sin embargo, la eventual detección de indicadores de actividad biológica, bioseñales, en otros cuerpos celestes –particularmente con el inicio de operación del telescopio James Webb en 2021– es una posibilidad real para el futuro, una visión compartida hoy por la comunidad científica. De hecho, en un artículo reciente –publicado en 2025– Vickers y colaboradores estudiaron las concepciones de los científicos –astrobiólogos o no (por ejemplo, biólogos y físicos con otras especialidades)– sobre el tema y, de manera hegemónica (por encima del 80% para ambos grupos de investigadores), creen en la posibilidad de que exista vida extraterrestre (Vickers et al., 2025). Estos datos son interesantes, ya que minimizan la posibilidad de que la concepción de los científicos sobre la existencia de vida extraterrestre se deba simplemente a su pertenencia a la comunidad astrobiológica.

La búsqueda de evidencias de vida en otros cuerpos celestes más allá de la Tierra ha movilizado actualmente a equipos científicos de diferentes académicos internacionales. En este contexto, cabe destacar el lanzamiento del Mars 2020 Perseverance Rover, el 30 de julio de 2020, por parte de la NASA (National Aeronautics and Space Administration) – con la colaboración de socios científicos, como la ESA (Agencia Espacial Europea) y CAB (Centro de Astrobiología, Madrid, España), misión que tiene como objetivo buscar signos de vida microbiana antigua en Marte, centrándose en la posible habitabilidad del planeta rojo, en pasado (NASA, 2025a). De hecho, el vehículo rover ha seleccionado muestras de rocas y suelo marcianos, para una posible recogida futura que llevará a cabo una misión destinada a este fin (NASA, 2025b).

La posibilidad de vida en otros cuerpos celestes plantea importantes cuestiones éticas, cuyas consecuencias deben analizarse cuidadosamente. Desde esta perspectiva, la bioética –disciplina impulsada a lo largo del último siglo y que se refiere a la moralidad de los actos humanos que pueden alterar irreversiblemente los procesos, también irreversibles, de los sistemas vivos (Kottow, 1995)– se posiciona como un campo de conocimiento capaz de aportar conceptos, teorías y métodos para orientar la conducta humana, con un enfoque en sus responsabilidades, dada la próxima expectativa de encontrar vida en ambientes –en la Tierra o fuera de ella– hasta entonces no reconocidos como hábitats para los seres vivos. La composición entre bioética y astrobiología adquiere un lugar central en las conversaciones sobre el papel de la humanidad en la actividad espacial.

A partir de estos apuntes preliminares, el objetivo de este artículo es delimitar algunos de los principales problemas éticos que plantea la Astrobiología y proponer un abordaje bioético relacionado a partir de las concepciones pertinentes a esta disciplina, en particular la Bioética de protección y la (Bio)ética de todos los seres.

2. ¿Qué es la vida? De la astrobiología a la ética

© Todos los derechos reservados - FUNDACIÓN DE CIENCIAS DE LA SALUD

La apreciación de las cuestiones éticas sobre la Astrobiología muchas veces comienza con la siguiente pregunta: ¿qué es la vida? Esta cuestión, de carácter ontológico, tiene importantes implicaciones epistemológicas y científicas. El problema ya está presente, un paso atrás, al considerar el próprio concepto de definición –teórica (*real*, *ideal* o *filosófica*), operativa (o de *trabajo*), nominal (o de *diccionario*), demostrativa (u *ostensiva*) y estipulativa (*por decreto*), que están bien expuestas en el texto de Mariscal (2021)–, que determina los elementos de la realidad a tener em cuenta en la definición misma (e.g., de virus a ballenas). Así, "*algunos de los desacuerdos sobre la definición de vida se disuelven al aclarar qué tipo de definición o concepto se está utilizando*" (Mariscal, 2010, p. 2., traducción libre de los autores).

Desde esta perspectiva, las controversias en torno a esta indagación se extienden desde la Antigüedad. Por ejemplo, cobra importancia la caracterización de los seres vivos como dotados de nutrición y reproducción, presente en el Timeo de Platón: "*causa*, *por cierto, de que a lo largo de todo el cuerpo las corrientes de alimento fluyan así abundantemente en todos los vivientes*" (80d) y, también se puede decir de las relaciones entre alimento y crecimiento, que "*cuando sale más de lo que entra, todo el viviente se consume, cuando sale menos, crece*" (81b) (Platón, 2010, p. 341); además, los vivientes tienen "*amor a la procreación*" (91b) (Platón, 2010, p. 371).

La investigación del origen y la evolución de la vida en el Universo es ámbito de la Astrobiología, un campo que ha planteado importantes cuestiones éticas en la actualidad y que exige debatirse adecuadamente para garantizar la seguridad de las actividades humanas en el espacio.

Los debates sobre qué es la vida recibirán nuevo impulso en la modernidad, con René Descartes. El pensador francés describe a los seres vivos en general como máquinas mecánicas –excepto los humanos, que tienen alma– similares a los relojes: "*No reconozco diferencia alguna entre las máquinas que construyen los artesanos y los cuerpos que la naturaleza por sí misma ha formado* (…). *Cuando un reloj marca las horas por medio de las ruedas de las que está formado, no es tal efecto menos natural de lo que es que un árbol produzca frutos*" (Descartes, 2002, p. 410). El filósofo francés es, por tanto, marcadamente mecanicista y, en general, las reacciones a su pensamiento suelen organizarse en términos de la concepción llamada *vitalismo*. En este contexto, si destaca el debate entre estas dos perspectivas, vitalismo y mecanicismo –relativos, respectivamente, a la existencia o no de un elemento no físico propio de las formas vivas, llamado fuerza vital–, que estuvo muy vivo durante los siglos XVIII y XIX.

Más recientemente, en la década de 1940 (siglo XX), la cuestión fue afrontada por el físico Erwin Schrödinger (1944), un autor que propone que "*la materia viva escapa del decaimiento al equilibrio*" (Schrödinger, 1944, p. 74, traducción libre de los autores), en la medida en que "*se alimenta de entropía negativa*" (Schrödinger, 1944, p. 75, traducción libre de los autores). Esta visión influyó mucho en los debates posteriores sobre el concepto de vida, considerando que "*la peculiaridad fundamental del ser vivo es su aptitud para transgredir el segundo principio de la termodinámica*" (Léourier, 1970, p. 166).

Esta idea está vinculada a las concepciones (1) de la autopoiesis – "*lo que es peculiar en ellos* [viventes] *es que su organización es tal que su único producto es sí mismos, donde no hay separación entre productor y produto*" (Maturana y Varela, 2009, p. 29) – y (2) a la concepción de la *autoorganización*, para la cual los seres vivos pueden ser reconocidos

© Todos los derechos reservados - FUNDACIÓN DE CIENCIAS DE LA SALUD

como "*sistemas abiertos y en su interior están continuamente ocurriendo complejos procesos irreversibles lejos del equilíbrio. Luego no es sorprendente que en esta situación puedan emerger espontáneamente dichos fenómenos autoorganizativos*" (Montero et al., 1993, p. 13). De hecho, en la medida en que "*todos los componentes de una red autopoiética son producidos por otros componentes de la red, el sistema completo es organizativamente cerrado, a pesar de ser abierto en relación con los flujos de materia y energía*" (Capra, 1998, p. 180), de modo que la "*autopoiesis es contemplada como el patrón subyacente en el fenómeno de la autoorganización o autonomía, tan característico de todos los sistemas vivos*" (Capra, 1998, p. 181).

Los conceptos de entropía negativa –o neguentropía–, autopoiesis y autoorganización están en cierto modo implícitos en la definición operativa (o de *trabajo*) de la NASA: "*la vida es un sistema químico autosostenible capaz de evolucionar darwinianamente*" (NASA, 2024). De otro modo, es posible definir los seres vivos como "*aquellos que (1) están compuestos por microambientes delimitados en equilibrio termodinámico con su entorno (2) capaces de transformar energía para mantener sus estados de baja entropía y (3) capaces de replicar copias estructuralmente distintas de sí mismos a partir de un código de instrucción perpetuado indefinidamente a través del tiempo, a pesar de la desaparición del portador individual a través del cual se transmite*" (Schulze-Makuch et al. 2002, p.169, traducción libre de los autores)". Y, de forma complementaria, es posible afirmar que los organismos vivos comparten siete rasgos relevantes: "*naturaleza orgánica, alto grado de organización, preprogramación, interacción (o colaboración), adaptación, reproducción y evolución, siendo los dos últimos facultativos al no estar presentes en todos los seres vivos*" (Gómez-Márquez 2021, p. 3, traducción libre de los autores).

Para que la astrobiología tenga una base para buscar vida en otros cuerpos celestes, parece vital aclarar qué se espera encontrar cuando se estan buscando los primeros ejemplos de vida. Por lo tanto, una definición acordada de "vida" sería de gran valor para este propósito. De hecho, es posible decidir que en el centro de estas caracterizaciones actuales –operacionales– para la búsqueda de vida está la idea de metabolismo, que se expresa en términos eminentemente químicos: "*si puede hablar de algunas propriedades de las entidades vivas: la capacidad metabólico-catalítica y la transferencia de información-replicación. La aparición de estas características marca el tránsito desde la química inorgánica a la bioquímica, de lo inerte a lo vivo*" (Luque et al., 2009, p. 172).

En gran medida, los aspectos químicos de la vida –la bioquímica– están restringidos a los enlaces de carbono y a la participación fundamental del agua como medio en el que ocurren las interacciones entre átomos y moléculas. Así, la detección de vida –en la Tierra o fuera de ella– se ha basado en la presencia de los siguientes aspectos (McKay, 2020): (a) agua líquida con una composición salina adecuada, en el pasado o en la actualidad; (b) la existencia de carbono en el agua; (c) nitrógeno biológicamente disponible en el medio; (d) energía biológicamente útil en el medio; (5) compuestos orgánicos –logrados por medio de una estrategia plausible para su obtención y posterior análisis– que posiblemente puedan ser de origen biológico.

Se reconoce así que la concepción desde la que se busca vida extraterrestre se basa –y no podría ser de otro modo en este momento– en el conocimiento de los seres que viven en la Tierra. Esta constatación hace imprescindible el estudio de las diferentes expresiones

© Todos los derechos reservados - FUNDACIÓN DE CIENCIAS DE LA SALUD

terrestres de la vida, tanto las consideradas "convencionales" como las que habitan en ambientes extremos, denominadas extremófilas (Amils & Gómez, 2021).

Los extremófilos, descritos por Thomas D. Brock y Hudson Freeze a finales de los años 1960 –específicamente la bacteria *Thermus aquaticus* (Brock & Freeze, 1969)– son organismos capaces de sobrevivir en circunstancias normalmente desfavorables para la mayoría de los organismos vivos (Salinas-García et al., 2025). Hay extremófilos que viven en diversos ambientes extremos (como presiones altas o bajas, temperaturas altas o bajas, exposición a radiación, condiciones adversas de pH y salinidad). Esto se justifica por las particularidades de sus metabolismos, que permiten su presencia en lugares que de otro modo serían inhabitables (Salwan & Sharma, 2020). Es de destacar que el estudio de la capacidad de estos organismos para adaptarse a ambientes extremos es fundamental para comprender la evolución de la vida y sus restricciones (Rappaport & Oliverio, 2024). Además, es esencial para la investigación de formas de vida alienígenas, dadas las condiciones a menudo extremas que pueden exhibir los sítios extraterrestres (Thombre et al., 2020).

Sin embargo, cabe hacerse la siguiente pregunta: más allá de estos supuestos, ¿podrían encontrarse otros seres vivos (por ejemplo, basados en una química distinta a la orgánica, centrada en el carbono)? Por el momento no es posible responder a esta pregunta, ya que también existen dudas sobre la posición radicalmente escéptica de si existe vida (Jabr, 2013). Sin embargo, el hecho de que no pueda responderse por el momento, no nos exime de analizar las consecuencias éticas de su posible detección. De hecho, si se identifican otras formas vivas extraterrestres –independientemente de la forma en que esto ocurra–, deberían discutirse las relaciones éticas entre los seres humanos y tales seres, para poder establecer un mejor conocimiento.

Se plantean entonces dos problemas principales en términos éticos: (1) las consecuencias del contacto con formas de vida inteligentes semejantes o superiores a las humanas; y (2) los efectos de la inserción de seres vivos no autóctonos en un entorno dado. El primer punto, de momento más relacionados con la ciencia ficción, no se tratará ahora. Por lo tanto, el análisis abordará únicamente el último aspecto. Éste se desarrolla en dos órdenes de cuestiones: la contaminación de (i) de otros cuerpos celestes por seres vivos terrícolas y (ii) la Tierra por formas de vida extraterrestre.

La apreciación de las cuestiones éticas sobre la Astrobiología muchas veces comienza con la pregunta ¿qué es la vida?, una cuestión ontológica con profundas implicaciones epistemológicas y científicas.

El que se produzca la inserción de seres vivos no nativos en cuerpos celestes del sistema solar, es una posibilidad real en el contexto actual de expansión de las actividades humanas en el espacio, como ha sido debatido por diferentes autores (Alcântara et al., 2025; Zaccaria et al., 2024; Horneck et al., 2012; Warmflash et al., 2007; DeVincenzi, 1992). La protección planetaria –establecida desde el inicio de la era espacial– es una de las áreas de conocimiento dedicadas a esta cuestión, con el objetivo de prevenir la contaminación biológica cruzada entre los cuerpos celestes y la Tierra (McKaig et al., 2024). En general, los tratados internacionales y las recomendaciones elaboradas por consejos asesores no gubernamentales y por agencias espaciales nacionales son los instrumentos más utilizados para implementar plenamente estrategias de salvaguardia para la protección de los diferentes cuerpos celestes. Sin embargo, la rápida evolución de la ciencia y la tecnología espaciales –con la posibilidad real de un regreso humano a la Luna, la llegada de astronautas

© Todos los derechos reservados - FUNDACIÓN DE CIENCIAS DE LA SALUD

a Marte y la recuperación de muestras de éste y de otros lugares del sistema solar– han exigido esfuerzos cada vez mayores para minimizar la contaminación cruzada, que puede representar un riesgo tanto para las investigaciones astrobiológicas –identificación de vida alenígena– como para la biosfera terrestre (McKaig et al., 2024; Spry et al., 2024; Cooper et otros, 2023).

Se ha investigado la posibilidad de supervivencia de microorganismos terrestres en otros sistemas planetarios. De hecho, en relación con Marte, hace más de una década quedó demostrada la supervivencia de las esporas bacterianas tras su exposición a situaciones similares a las que afrontaría una misión a Marte, siempre y cuando estén protegidas de la radiación solar (Horneck et al., 2012). Además, la viabilidad de bacterias no extremófilas ha sido demostrada en una variedad de sítios similares a los encontrados en el ambiente marciano (Zaccaria et al., 2024), discutiéndose la posible aparición de mutaciones en estos microorganismos, con potenciales impactos nocivos para la salud, particularmente cuando se considera la desregulación del sistema inmunológico humano durante los viajes espaciales (Alcântara et al., 2025; Etlin et al., 2024; Marchal et al., 2024).

En cuanto a la perspectiva –ahora teórica– de inserción de formas de vida alenígenas en la Tierra, es necesario formular consideraciones importantes, por ejemplo, en relación con las misiones a Marte (ya técnicamente factibles). En este sentido, cabe destacar que se están tomando medidas profilácticas contra una posible contaminación de la Tierra por microorganismos marcianos –cuya existencia no está definitivamente descartada–, aunque los resultados de los experimentos biológicos realizados en el Planeta Rojo, hasta la fecha, generalmente no se consideran concluyentes en cuanto a la presencia de vida autóctona. En este sentido, los esfuerzos que ahora realizan las misiones robóticas a Marte antes de la llegada de los humanos –por ejemplo, las sondas espaciales Viking 1, Viking 2, Spirit, Opportunity, Curiosity, Perseverance y Tianwen-1 (NASA, 2025c; Nachon et al., 2024; Wong et al., 2022; Nazari-Sharabian et al., 2020; Orosei et al., 2020)– han sido fundamentales para recopilar información suficiente para detectar la presencia de formas de vida. Será necesario investigar los riesgos de que el planeta albergue vivientes –quizá patógenos para los terrícolas– y adoptar estrategias estrictas de protección contra los riesgos biológicos. Lo mismo se aplica, por supuesto, a los materiales traídos a la Tierra para investigaciones científicas desde otros mundos (Netea et al., 2020).

Los estudios antes mencionados plantean serias cuestiones técnicas y éticas en el ámbito de la protección planetaria, que deben ser tenidas en cuenta para la continuidad –en condiciones de seguridad– de las actividades humanas en el espacio. La bioética puede contribuir a este debate, como pretendemos señalar a continuación.

3. Enfoques bioéticos de la astrobiología: notas preliminares

La disciplina de la bioética surgió como parte del esfuerzo por encontrar respuestas a las cuestiones éticas planteadas por las ciencias de la salud, de la vida y del medio ambiente, organizándose como conocimiento en el siglo XX (Schramm, 1997). Se pueden mencionar algunos eventos clave que guiaron la importancia de ampliar los debates sobre las cuestiones éticas antes mencionadas (Motta et al., 2012; Pose, 2022; Siqueira-Batista et al., 2021): (i) la institución del Tribunal de Nuremberg (1945) –para el juicio de los nazis– y la posterior elaboración del *Código de Nuremberg* (1949); (ii) el *Tuskegee Syphilis Study* (1932

© Todos los derechos reservados - FUNDACIÓN DE CIENCIAS DE LA SALUD

a 1972) –en el que 399 hombres negros con sífilis participaron en investigaciones sobre esta enfermedad, sin dar su consentimiento y con explícita negativa al tratamiento con penicilina– que dio lugar a la publicación del *Informe Belmont*; y (iii) el caso del *Seattle Artificial Kidney Center* (1960), en el que se estableció un comité compuesto por siete personas de diferentes orígenes (ninguna del área de la salud) para analizar quiénes debían ser tratados (teniendo en cuenta que el número de máquinas disponibles era inferior al número de pacientes indicados para diálisis); (iv) el primer trasplante de corazón (1967), en Sudáfrica, que llevó a la redefinición de los criterios para determinar la muerte; (v) la ocurrencia de varias situaciones paradigmáticas – como los casos Karen Ann Quinlan (1975), Baby Doe (1982) y Ramón Sampedro (1998) – que mostraron claramente la insuficiencia del conocimiento técnico para, por sí solo, definir las acciones de cuidado en la práctica médica. En pleno siglo XXI se podría citar también como ejemplo las graves retos éticos impuestos por la pandemia de la COVID-19 (Gracia, 2024; Sánchez, 2021). Estas son algunas situaciones –entre muchas otras que podrían mencionarse– en la lista de acontecimientos considerados significativos para el nacimiento y desarrollo de la bioética.

Hay tres posibles orígenes de la palabra(Siqueira-Batista et al., 2021): el primero –y más antiguo– se remonta a Fritz Jahr, autor que utilizó el término en 1926 en el artículo "*Bioethics: a review of the ethical relationships of humans to animals and plants*", en el que propuso un "imperativo bioético", basado en la redefinición de las responsabilidades éticas en relación con todos los seres vivos, humanos o no (Jahr, 1926); el segundo uso de la palabra se debió al bioquímico estadounidense Van Rensselaer Potter, quien en 1970 utilizó la palabra bioética para describir la necesidad de revisar las relaciones entre la biosfera y el crecimiento de la población humana (Potter, 1970), lo que llevó a caracterizar la bioética como la "ciencia de la supervivencia" (humana); y finalmente, el tercer origen, también en 1970, se debió al médico André Hellegers, director de un instituto de investigación dedicado a abordar problemas éticos relacionados con el área de la reproducción humana, lo que culminó con la creación del *Joseph and Rose Kennedy Institute for Human Reproduction and Bioethics* (actualmente *Kennedy Institute of Ethics*), vinculado a la Universidad de Georgetown, Estados Unidos (Goldim, 2016).

> La posible detección de vida extraterrestre obliga a considerar la contaminación de otros cuerpos celestes por seres vivos terrícolas y la de la Tierra por formas de vida extraterrestre, dos problemas éticos de enorme alcance.

La bioética es una nueva área del conocimiento, que trabaja en la "*lógica del pluralismo, como instrumento para la negociación pacífica en las instituciones morales*" (Engelhardt, 1991, p. 19) y tiene como vocación el "*estudio sistemático de las dimensiones morales de las ciencias de la vida y la atención de la salud, utilizando una variedad de metodologías éticas en un entorno interdisciplinario*" (Reich, 1995, p. xxi).

Actualmente, la disciplina puede verse como (1) una ética aplicada a los desafíos que presentan las ciencias de la salud y de la vida (Schramm, 2015), (2) un auténtico movimiento cultural, entre cuyos elementos más significativos se encuentran una secularización difusa, un pluralismo acentuado y una alta valoración de la autonomía individual (Mori, 1994), o como (3) el estudio de la moralidad de los comportamientos humanos que pueden afectar irreversiblemente los procesos, también irreversibles, de dos sistemas vivos. (Kottow, 1995). Esta última visión tiene la ventaja de ser amplia y precisa, ya que no limita la bioética solo al

© Todos los derechos reservados - FUNDACIÓN DE CIENCIAS DE LA SALUD

campo biomédico, posibilitando incluso elementos como el cuidado de los animales, las prácticas que involucran la biotecnología y las acciones sobre el medio ambiente. Su desarrollo está intrínsecamente ligado al conocimiento generado por la vigencia del paradigma biotecnocientífico y sus aplicaciones biotecnológicas (Schramm, 2001).

La pregunta que ahora surge puede formularse en los siguientes términos: ¿Cómo es posible utilizar la bioética como una caja de herramientas –según la terminología propuesta por Ludwig Wittgenstein (1975)– para pensar y actuar en las cuestiones éticas relacionadas con Astrobiología? Una respuesta preliminar a esta pregunta exige tener em cuenta dos problemas ya antes mencionados –(i) la contaminación terrestre por formas de vida extraterrestres y (ii) la contaminación de otros cuerpos celestes por seres vivos terrestres–, desde un punto de vista bioético, teniendo en cuenta la habitabilidad biológica y la protección planetaria, a partir de la aplicabilidad de dos corrientes teóricas: la Bioética de protección y la (Bio)ética para todos los seres.

a. La Bioética de protección

La Bioética de protección nació de la reflexión sobre los problemas morales en el ámbito de las tres funciones básicas de la salud pública: *(a)* descriptiva, *(b)* normativa y *(c)* protectora. En efecto, es necesario *(a)* evaluar los argumentos a favor y en contra de la acción humana en los contextos que pueden afectar la calidad de vida, la salud, la existencia de los seres vivos y los ambientes; *(b)* tomar decisiones basadas en los análisis realizados, prescribiendo las mejores conductas y contraindicando las consideradas peores; *(c)* proteger a los involucrados, a partir de las funciones *(a)* y *(b)*, premisa que debe guiar los análisis y decisiones a tomar en el ámbito de las cuestiones bioéticas (Kottow, 2005; Schramm, 2017). Vale resaltar que este propósito *(c)* puede enunciarse en términos del principio de protección, considerado el "*más apropiado para integrar la responsabilidad moral y la efectividad pragmática, respetando la pluralidad de necesidades y valores de las sociedades actuales como forma justa y razonable de propiciar los bienes sanitarios*" (Schramm & Kottow, 2001, p. 955).

Este principio se establece a partir del rescate etimológico de la palabra griega *ethos* –arcaicamente referida a "*morada*", "*hábitat*" abierto a lo "*desconocido*" (Schramm, 2017, p. 1534)–, desde la perspectiva contemporánea de proteger a los "*sujetos morales, personas, comunidades, otras especies vivas y el propio 'mundo de la vida' (Lebenswelt) de las posibles consecuencias nocivas de los actos perjudiciales de otros agentes morales.*" (Schramm, 2017, p. 1534). La Bioética de protección se diseñó desde una perspectiva crítica sobre el discurso bioético hegemónico de matriz principialista –aún dominante– con el fin de esclarecer cuestiones éticas consideradas descuidadas en el área de la salud por el modelo desarrollado por Beauchamp y Childress (Schramm & Kottow, 2001). Desde esta perspectiva, contempla tres características principales (Bizarro Rodrigues & Schramm, 2022; Pontes & Schramm, 2004): (1) La *gratuidad*, que presupone el ofrecimiento libre o gratuito de acciones protectoras por parte del Estado u otras entidades, con el fin de restablecer el respeto a la autonomía y evitar el paternalismo, toda vez que el paciente moral tiene la libre decisión de aceptarlas o no; (2) La *vinculación*, que hace de las acciones protectoras un compromiso irrefutable para quien protege cuando son libremente aceptadas por el protegido, de acuerdo con la responsabilidad diacónica de Emmanuel Lévinas (Lévinas,

© Todos los derechos reservados - FUNDACIÓN DE CIENCIAS DE LA SALUD

1974); y (3) la *cobertura efectiva* dirigida a las necesidades de aquellos impactados en legítimas condiciones de vulnerabilidad.

Desde esta perspectiva, para una perfecta comprensión de los conceptos, es necesario diferenciar *vulnerabilidad*, *vulneración* y *susceptibilidad*. La *vulnerabilidad* alude a los riesgos inherentes a estar vivo (y tener probabilidades de morir); 2) la *vulneración* se refiere al daño que ya existe, por lo que seres o poblaciones en esta condición presentan dificultades para mantener su calidad de vida sin asistencia; y 3) la *susceptibilidad* se vincula al riesgo de que los seres y poblaciones se vuelvan vulnerados, es decir, pierdan la capacidad de mantener su calidad de vida (Possamai & Siqueira-Batista, 2022). De hecho, la Bioética de protección adopta con éxito la premisa de una *praxis* ética encaminada a minimizar "*el sufrimiento evitable para todos los seres sintientes*" (Schramm, 2017, p. 1534), apoyándolos en sus propias *vulneraciones*. Los *vulnerados* son aquellos "*que no son capaces de protegerse a sí mismos*" (Schramm, 2017, p. 1534), lo que exige proteger "*las relaciones entre los humanos y otro tipo de seres vivos o entornos*" (p. 1535).

La protección puede tener dos significados, que se complementan (Schramm, 2005): el primero, considerado "negativo", concierne a la protección de las condiciones de vulnerabilidad a las que los seres vivos pueden estar sujetos (e.g., como enfermedad); y el segundo, caracterizado como "positivo", se refiere a la promoción y desarrollo de cada forma de vida en el mundo (por ejemplo, en relación con el *H. sapiens*, observando el respeto a la autonomía). De esta manera, la Bioética de protección debe ser trabajada como una herramienta teórico-práctica, en un doble sentido, contra las amenazas y a favor del pleno desarrollo de los individuos.

A partir de estos supuestos, se puede considerar que los esfuerzos de la Bioética de protección se dirigen, de manera prioritaria, a aquellas "*situaciones en las que un individuo o una comunidad no es capaz de defenderse por sí mismo, por razones que no dependen de su voluntad, tales como las condiciones de vida desfavorables o la negligencia y/o abandono por parte de las instituciones*" (Bizarro Rodrigues & Schramm, 2022, p. 359). En efecto, esta corriente bioética incorpora la premisa de una praxis ética encaminada a reducir "*el sufrimiento evitable para todos los seres sintientes*" (Schramm, 2017, p. 1534), ayudándolos en sus propias vulneraciones. Cabe destacar, sin embargo, que la Bioética de protección ha experimentado una importante ampliación en su ámbito de reflexiones, abriéndose a la posibilidad de incluir a otros seres –terrícolas o no– en la lista de los vulnerados.

b. (Bio)ética para todos los seres

La propuesta, en construcción, de la (bio)ética para todos los seres resalta la importancia de incluir todo lo que existe (en la Tierra y más allá) en la esfera de la consideración ética. Esta corriente de ética contemporánea tiene como elementos esenciales (1) la grafía (bio)ética –a diferencia de la habitual "bioética"– y (2) la articulación de cuatro conceptos originalmente considerados claves: [quididad], interdependencia, totalidad y compasión *laica* (Siqueira-Batista et al., 2024).

La (bio)ética para todos los seres fue pensada preliminarmente como una *ética para todos los seres* o como una *bioética cuántica* (Siqueira-Batista, 2006). Desde estos movimientos iniciales se han reconocido las múltiples posibilidades de articulación entre estos dos tipos

© Todos los derechos reservados - FUNDACIÓN DE CIENCIAS DE LA SALUD

de saberes, la ética y la bioética. En efecto, se puede considerar que la bioética "*en la práctica es una rama de la ética aplicada*" (Cassinelli, 2017, p. 241) y como "(...) *la forma más importante de ética aplicada*" (Schramm, 2015, p. 51), es decir:

bioética ⊂ ética aplicada ⊂ ética.

De lo contrario, es posible proponer que "*toda ética es, primera y fundamentalmente, bioética*" (Schramm, 1994; p. 324) y considerar que la ética aplicada es una modalidad de la ética, que resulta en:

ética aplicada ⊂ ética ⊂ bioética.

Estas notas exponen puntos de vista convergentes y divergentes –a veces contradictorios, a veces ambiguos– cuando se trata de las relaciones entre estos campos de conocimiento. Se propone –tal vez como forma de superar tales impasses y como apuesta preliminar– la composición gráfica entre ética y bioética, como (bio)ética.

Ell término [*quididad*] expresa la idea de que todo lo que existe puede equipararse en términos de *devenir* y *dejar-de-ser*. La propuesta de utilizar la palabra entre paréntesis es importante para demarcar que el término tiene su origen en la idea medieval de quididad – "*sustancia de cada cosa*" (Mansion, 1976, p. 43) o aquello que "*hace de una cosa lo que es*" (Tomás de Aquino, 2005, p. 6)– pero que en el contexto de la (bio)ética para todos los seres, se trata de la comprensión de que todos los seres que componen la naturaleza existen "*según el decreto del Tiempo*", tales que delimitó Anaximandro de Mileto (Kirk et al. 1994, p. 117). En efecto, la palabra *quididad* es utiliza en este ámbito con el objetivo de señalar que todo lo que existe *surge* y *deja de ser*, perspectiva que puede articularse con la formulación aristotélica de que "*toda sustancia es naturaleza*" (Tomás de Aquino, 2005, p. 6).

La Bioética de protección aporta un marco especialmente adecuado, al plantear que es necesario describir los conflictos, prescribir la mejor conducta y proteger a los involucrados en el contexto de la exploración espacial.

La interdependencia es un concepto que surge de reconocer que todos los seres –que llegan a ser y que dejan de ser [*quididad*]– no están aislados en la realidad. De hecho, se establecen innumerables relaciones entre lo que existe, cuyas características principales son la coherencia y, sobre todo, la armonía (palabra que se remonta al pensamiento griego antiguo, como el concepto de *phýsis* antes mencionado). De hecho, todo lo que existe está de alguna manera interconectado, como una "*red de fenómenos inter-relacionados*", tal y como enuncia la Ecología Profunda (Naess, 2018). En efecto, Fritjof Capra propone que todos "*los seres vivos son miembros de comunidades ecológicas vinculadas por una red de interdependencias*" (Capra, 1998, p. 32). Esta cita puede reescribirse sustituyendo la expresión "seres vivos" por "todos los seres", a fin de lograr la máxima amplificación en la mencionada red de interdependencia (Siqueira-Batista, 2020).

La *totalidad* surge del reconocimiento de que la [*quididad*] concierne a todos los seres y sus interconexiones (es decir a su *interdependencia*). Tal perspectiva puede recuperarse arcaicamente en la concepción griega de *phýsis* (φύσις), la "*totalidad de todo lo que es*" (Bornheim, 2008, p. 13). Al mismo tiempo, el físico David Bohm destaca que "*las nociones que implican la totalidad indivisa del universo proporcionarían una manera mucho más ordenada de considerar la naturaleza general de la realidad*" (Bohm, 1992, p. 12). La

© Todos los derechos reservados - FUNDACIÓN DE CIENCIAS DE LA SALUD

composición de estas ideas permite concebir una totalidad única, que no concierne solo a la mera suma de todos los seres, sino, de otro modo, a la auténtica inclusión de todo lo que existe "*coherente y armoniosamente, en un todo global indiviso, ininterrumpido e ilimitado*" (Bohm, 1992, p. 11).

La actitud hacia un igual –en el plano inmanente de la existencia: [*quididad*], *interdependencia y totalidad*– solo puede ser de aceptación incondicional, en "*un sistema ético radicalmente nuevo*" (Capra, 2012, p. 32). Así, el ofrecimiento de apoyo a todos los seres –con distinción, pero no separación, entre aquel que "recibe" y el que es "recibido"– viene determinado por la igualdad radical constitutiva de la condición de existir. La acogida resultante sólo puede obtenerse sin juicio, es decir, a partir de la aceptación indiscutible de la *situación-en-el-mundo* de todos los seres, resultado de un acto genuino de *compasión laica* (Siqueira Batista, 2006), conforme a la síntesis descrita em el Cuadro 1.

Cuadro 1. Síntesis argumentativa de la compasión laica.

(1) Todos los seres están inscritos en el espacio y en el tiempo, sometidos a los dictados del *devenir* y del *dejar-de-ser*;
(2) Esta característica les hace compartir una igualdad esencial, establecida en términos de [*quididad*];
(3) Todos los seres –que *llegan-a-ser* y *dejan-de-ser*– pueden pensarse en términos de sus relaciones interdependientes, de modo que constituyen una totalidad (de seres y sus relaciones);
(4) La actitud hacia un igual –en el plano inmanente de la existencia: [*quididad*], *interdependencia* y *totalidad*– sólo puede ser de acogida incondicional, de apoyo, ya que la aceptación de (2) y (3) hace incoherente que quien acoge se vea a sí mismo como completamente independiente (y separado) de quien es acogido;
(5) La oferta de apoyo a todos los seres –existiendo una distinción, pero no una separación, entre el que "recibe" y el que es "recibido"– concierne a la aceptación de la igualdad radical inmanente a la condición de existir;
(6) La acogida/protección del otro, en tal circunstancia, sólo puede realizarse sin juicio, es decir, a partir de la recepción incontestable de su *situación-en-el-mundo* (a pesar de sus sufrimientos, deseos y decisiones autónomas respecto a su propia existencia);
(7) La acogida/protección/atención así expresada es un auténtico acto de *compasión laica*.

Fuente: Modificado de SIQUEIRA-BATISTA et al., 2024 (p. 185).

Esta vía teórica –reconociendo la [*quididad*] de todo lo que existe y sus relaciones de interdependencia, como aspectos inscritos en una totalidad– abre auténticas perspectivas para incluir las distintas formas de existencia –terrenas o no– en la lista de preocupaciones de los debates éticos contemporáneos.

© Todos los derechos reservados - FUNDACIÓN DE CIENCIAS DE LA SALUD

c. Síntesis provisional

Desde esta perspectiva, al reconocer la triple función de la Bioética de protección, es posible proponer una adecuada (a) descripción de los conflictos que puedan surgir en el contexto de la astrobiología, de modo que (b) puedan prescribirse las mejores conductas, con vistas a (c) proteger a todos los implicados. Dicha coordinación parece esencial en lo que respecta a las actividades humanas en el espacio –en particular las relacionadas con la búsqueda de seres vivos en entornos extraterrestres– con el objetivo de minimizar las consecuencias perjudiciales de la contaminación de mundos por seres vivos no autóctonos, que podría desencadenar desequilibrios ecológicos –y astroecológicos (Meurer et al., 2024)– de proporciones insospechadas. En este sentido, se puede reflexionar sobre las posibilidades reales de que surjan nuevas enfermedades/epidemias como consecuencia de la introducción de microorganismos alienígenas en la Tierra, una situación similar a la descrita en la clásica obra de Herbert George Wells "*La guerra de los mundos*" (Wells, 2018).

De manera más fundamental, vale la pena preguntarse por el derecho de todos los seres vivos a poder *llegar-a-ser* y *dejar-de-ser* en su lugar de origen en el universo, sin desplazamientos indebidos a áreas exóticas, particularmente si se considera la potencial interdependencia entre las especies involucradas. Semejante escenario permite cuestionar la ética de aceptar terrícolas –p. ej., microorganismos e incluso seres más grandes, como las plantas (un escenario mostrado en la película "Marte" de Ridley Scott)– en lugares distintos de la Tierra, lo que repercutiría en sus posibilidades de existir y, además, en posibles modificaciones ambientales que podrían resultar en inviabilidad biológica para otros seres vivos. Considerar seriamente la no introducción de seres vivos no autónomos –es decir, incapaces de decidir por sí mismos– en mundos distintos al original puede entenderse, a primera vista, como un acto de protección y compasión laica.

> La propuesta de una (Bio)ética para todos los seres permite ampliar la reflexión moral hasta incluir todo lo que existe (en la Tierra y más allá) en la esfera de la consideración ética, apoyándose en conceptos como quididad, interdependencia, totalidad y compasión laica.

4. Consideraciones finales

La actual expansión de las actividades humanas en el espacio –por ejemplo, en lo que respecta a la investigación de la Luna y Marte– tiene como uno de sus objetivos la búsqueda de vida extraterrestre. La astrobiología, un campo de conocimiento dedicado a este tema, ha recopilado y organizado una serie de conocimientos y técnicas que, se espera, podrían conducir a la identificación de formas de vida en otros cuerpos celestes más allá de la Tierra.

La detección de vida extraterrestre –que correspondería, en cierto sentido, a la afirmación "*los terrícolas no están solos en el universo*"– será probablemente el mayor descubrimiento en la historia de la ciencia, rivalizando ciertamente con el hallazgo de comunidades humanas en el nuevo mundo por parte de los europeos.

Las consecuencias de tal revelación para la cultura y las sociedades serán revolucionarias y aún difíciles de medir. Los impactos científicos y epistemológicos –sin mencionar otros ámbitos, como el arte y la religión– serán significativos y, muy probablemente, promoverán transformaciones sustantivas en la manera de ver la realidad y, sobre todo, de relacionarse con ella.

© Todos los derechos reservados - FUNDACIÓN DE CIENCIAS DE LA SALUD

En este ámbito particular –el campo de las relaciones– se incluyen las interacciones éticas, entendidas desde Aristóteles como pertinentes al ámbito de la *praxis*. En efecto, la astrobiología debe considerar seriamente las consecuencias éticas de sus investigaciones, no limitándose a enumerar un conjunto de reglas sobre "cómo actuar", sino más bien reflexionando profundamente sobre la responsabilidad humana con el entorno más amplio –que involucra a seres vivos y ambientes extraterrestres– que se anuncia.

La bioética –un campo de conocimiento interdisciplinario, como la astrobiología, dotado de una serie de herramientas teóricas capaces de sustentar el pensamiento/actuación, en términos éticos, en los tiempos contemporáneos– tiene importantes posibilidades para catalizar el debate. De hecho, según la formulación *Bioética de protección*, será posible (a) describir los conflictos, (b) prescribir la mejor conducta y (c) proteger a los involucrados para, considerando los presupuestos de la *(Bio)ética para todos los seres*, acoger incondicionalmente a los seres vivos, terrenales o no, en su posibilidad de existir. Así, recuperando la propuesta original de Potter, en sus obras de 1970 y 1971, la bioética podría, de hecho, constituir una ciencia de la supervivencia –con la protección de todos los seres– y, más que eso, un puente hacia un futuro en el que los terrícolas, más allá de sus fronteras, puedan actuar ética y científicamente para que todos los vivientes, tal vez en una utopía, puedan tener una existencia "*larga y próspera*".

Bibliografía

Alcântara, F. A., Pereira, L. R. C., Frade, C. B., Oliveira, P. H. G., Lopes, M. E. G., Cupertino, M. C., Russomano, T., Paula, S. O., Del Cima, O. M. & Siqueira-Batista R. (2025). Human immune system and aerospace environment. *Revista Saúde Dinâmica*, 7, 1-29. Disponible en: https://revista.faculdadedinamica.com.br/index.php/saudedinamica/article/view/247/360

Amils, R. & Gómez, F. Extremofiles 2.0. *Microorganisms* 2021; 9(4): 784. Disponible en: https://doi.org/10.3390/microorganisms9040784

Beauchamp, T. L. y Childress, J. F. (1999). *Principios de ética biomédica*. Masson, Barcelona.

Bizarro Rodrigues, C. A. & Schramm, F. R. (2022). Bioética de protección: fundamentos y perspectiva. *Revista Bioética*, 30, 355-365. Disponible en: https://revistabioetica.cfm.org.br/revista_bioetica/article/view/2765/2921

Bohm, D. (1992). *A totalidade e a ordem implicada: uma nova percepção da realidade*. São Paulo: Cultrix.

Brock, T. D. & Freeze, H. (1969). Thermus aquaticus gen. n. and sp. n., a Nonsporulating Extreme Thermophile. *Journal of Bacteriology*, 98(1), 289-297. Disponible en: <doi:10.1128/jb.98.1.289-297.1969>

Capra, F. (1998). *La trama de la vida: una nueva perspectiva de los sistemas vivos*. Barcelona: Editorial Anagrama.

© Todos los derechos reservados - FUNDACIÓN DE CIENCIAS DE LA SALUD

Cassinelli, M. T. R. (2017). Introducción a la bioética. Revista Uruguaya de Cardiología, 32(3), 240-248. Disponible en: https://suc.org.uy/revista/V32N3/pdf/rcv32n3_rotondo-bioetica.pdf

Cooper, M., Chen, F., Guan, L., Hinzer, A. A., Kazarians, G., Ly, C., Shirey, T. B. & Stott, K. (2023). Planetary protection implementation and verification approach for the Mars 2020 Mission. Astrobiology, 23(8), 825-834. Disponible en: https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/ast.2022.0046

Descartes, R. (2002). *Los principios de la filosofía*. Barcelona: RBA Coleccionables.

DeVincenzi, D. L. (1992). Planetary protection issues and the future exploration of Mars. *Advances in Space Research*, 12(4), 121-8. Disponible em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11538130/

Engelhardt, H. T. (1991). *Manuale di etica*. Milano: Il Sagiatore.

Etlin, S., Rose, J., Bielski, L., Walter, C., Kleinman, A. S. & Mason, C. E. (2024). The human microbiome in space: parallels between Earth-based dysbiosis, implications for long-duration spaceflight, and possible mitigation strategies. *Clinical Microbiology Reviews*, 37(3), e0016322. Disponible em: https://journals.asm.org/doi/10.1128/cmr.00163-22

Gracia, D. (2024). *Bioética en tiempos de pandemia*. Alicante: Publicacions Institucionals UA.

Gómez-Márquez, J. *What is life?* (2021). Molecular Biology Reports, 48, 6223–6230. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s11033-021-06594-5

Goldim JR.(2016). Definição de Bioética - Kennedy Institute of Ethics 1970. Disponible en: https://www.ufrgs.br/bioetica/bioet70KIE.html

Gómez, F., Cavalazzi, B., Rodríguez, N., Amils, R., Ori, G. G., Olsson-Francis, K., Escudero, C., Martínez, J. M. & Miruts, H. (2020). Ultra-small microorganisms in the polyextreme conditions of the Dallol volcano, Northern Afar, Ethiopia. *Scientific Reports*, 9, 7907. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6536532/pdf/41598_2019_Article_44440.pdf

Horneck, G., Moeller, R., Cadet, J., Douki, T., Mancinelli, R. L., Nicholson, W. L., Panitz, C., Rabbow, E., Rettberg, P., Spry, A., Stackebrandt, E., Vaishampayan, P. & Venkateswaran, K. J. (2012). Resistance of bacterial endospores to outer space for planetary protection purposes – experiment PROTECT of the EXPOSE-E mission. Astrobiology, 12(5), 445-56. Disponible en: https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/ast.2011.0737

Jabr, F. (2013). Why life does not really exist. Scientific American. Disponible en: https://www.scientificamerican.com/blog/brainwaves/why-life-does-not-really-exist/

Jahr, F. (1927). Bio-Ethic: eine umschau über die ethischen. Beziehungen des menschen zu tier und pflanze. *Kosmos*. Handweiser für Naturfreunde, 24(1), 2-4.

Kirk, G. S., Raven, J. E. & Schofield, M. (1994). *Os filósofos pré-socráticos: história crítica com seleção de textos*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

© Todos los derechos reservados - FUNDACIÓN DE CIENCIAS DE LA SALUD

Kottow, M. (2005). Bioética de proteção: considerações sobre o contexto latino-americano. In: Schramm, F. R., Rego, S., Braz, M., Palácios, M. *Bioética: riscos e proteção*. Rio de Janeiro, Editora UFRJ/Fiocruz, 29-44.

Léourier, C. (1970). *El origen de la vida* (2ª ed). Madrid: Istmos.

Levinas, E. (1974). *Autrement qu'être ou au-delà de l'essence*. Martinus Nijhoff, La Haye Disponible en: https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-015-1111-7

Luque, B., Ballesteros, F., Márquez, Á., González, M., Agea, A. & Lara, L. (2009). *Astrobiología: Un puente entre el Big Bang y la vida*. Madrid: Ediciones Akal.

Mansion, S. (1976). La science, connaissance de l'essence. In: Mansion, S. Le jugement d'existence chez Aristote, Louvain: Éditions de L'Institut Supérieur de Philosophie, 43-61.

Marchal, S., Choukér, A., Bereiter-Hahn, J., Kraus, A., Grimm, D. & Krüger, M. (2024). Challenges for the human immune system after leaving Earth. *NPJ Microgravity*, 10(1), 106. Disponible em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11574097/

Mariscal, C. (2021). *Life*. The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2021 Edition), Edward N. Zalta (ed.). Disponible en: https://plato.stanford.edu/archives/win2021/entries/life/

Maturana, H. & Varela, F. (2009). *El árbol del conocimiento: las bases biológicas del entendimiento humano*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.

McKaig, J., Caro, T., Burton, D., Tavares, F. & Vidaurri, M. (2024). Chapter 10: Planetary protection-history, science, and the future. *Astrobiology*, 24(S1), S202-S215. Disponible em: https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/ast.2021.0112

McKay, C. P. (2020). What is life – and when do we search for it on other worlds. *Astrobiology*, 20(2), 163-166. Disponible en: https://www.liebertpub.com/doi/epub/10.1089/ast.2019.2136

Meurer, J. C., Haqq-Misra, J. & Mendonça, M. S. (2024). Astroecology: bridging the gap between ecology and astrobiology. *International Journal of Astrobiology*, 23, e3. Disponible en: <10.1017/S1473550423000265>.

Montero, F., Sanz, J. C. & Andrade, M. A. (1993). *Evolución prébiótica: el caminho hacia la vida*. Madrid: Eudema.

Mori, M. (1994). A Bioética: sua natureza e história. *Humanidades*, 9(4), 333-341.

Motta, L. C. S., Vidal, S. V. & Siqueira-Batista, R. (2012). Bioética: o que é isto? *Revista Brasileira de Clínica Médica*, 10(5), 431-9 Disponible en: https://docs.bvsalud.org/upload/S/1679-1010/2012/v10n5/a3138.pdf

Nachon, M., Ewing, R. C., Tice, M. M., Williford, B. & Marounina, N. (2024). Investigating microbial biosignatures in aeolian environments using micro-X-ray: simulation of pixl instrument analyses at Jezero Crater onboard the Perseverance Mars 2020 Rover. *Astrobiology*, 24(5), 498-517. Disponible en: https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/ast.2022.0031

© Todos los derechos reservados - FUNDACIÓN DE CIENCIAS DE LA SALUD

Naess, A. (2018). *Ecología, comunidade y estilo de vida: esbozos de uma ecosofía*. Buenos Aires: Prometeo Libros.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. (2024). NASA *Astrobiology Program*. Disponible en: https://astrobiology.nasa.gov/

NASA. National Aeronautics and Space Administration. (2025a). *The Mars 2020 Perseverance Rover*. Disponible en: https://science.nasa.gov/mission/mars-2020-perseverance/

NASA. National Aeronautics and Space Administration. (2025b). Mars Sample Return. Disponible en: https://science.nasa.gov/mission/mars-sample-return/

NASA. National Aeronautics and Space Administration. (2025c). *Mars Exploration Science Goals*. Disponible en: https://science.nasa.gov/planetary-science/programs/mars-exploration/

Nazari-Sharabian, M., Aghababaei, M., Karakouzian, M., & Karami, M. (2020). Water on Mars – a literature review. *Galaxies*, 8(2), 40. Disponible en: https://www.mdpi.com/2075-4434/8/2/40

Netea, M. G., Domínguez-Andrés, J., Eleveld, M., Op den Camp, H. J. M., van der Meer, J. W. M., Gow, N. A. R. & de Jonge, M. I. (2020). Immune recognition of putative alien microbial structures: Host-pathogen interactions in the age of space travel. *PLOS Pathogens*, 16(1), e1008153. Disponible en: https://journals.plos.org/plospathogens/article?id=10.1371/journal.ppat.1008153

Orosei, R., Ding, C., Fa, W., Giannopoulos, A., Hérique, A., Kofman, W., Lauro, S. E., Li, C., Pettinelli, E., Su, Y., Xing, S. & Xu, Y. (2020). The global search for liquid water on Mars from orbit: current and future perspectives. *Life* (Basel), 10(8), 120. Disponible en: https://www.mdpi.com/2075-1729/10/8/120

Platón. (2010). *Timeo*. Introducción, traducción y notas de José María Zamora Calvo. Madrid: Abada.

Pontes, C. A. A. & Schramm, F. R. (2004). Bioética de proteção e papel do Estado: problemas morais no acesso desigual à água potável. *Cadernos de Saúde Pública*, 20(5), 1319-27. Disponible en: https://www.scielo.br/j/csp/a/Z7TbPS3dZncsdVsSrmVpYzv/

Pose, C. (2022). El caso Tuskegee: un antes y un después en la investigación biomédica (y algunos problemas por resolver). *EIDON*, 58, 39-52. Disponible en: <10.13184/eidon.58.2022.39-52>.

Possamai, V. R. & Siqueira-Batista, R. (2022). Schramm and Kottow's bioethics of protection: principles, scopes and conversations. Revista Bioética, 30, 10-18. Disponible en: https://www.scielo.br/j/bioet/a/pyNdhtZWPQnKM3HDhF4dJwm/?format=pdf&lang=en

Potter, V. R. (1970). Bioethics, the science of survival. *Perspectives in Biology and Medicine*, 14, 127-153. Disponible en: https://repository.library.georgetown.edu/handle/10822/763455

Potter, V. R. (1971). *Bioethics: Brifge for the future*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.

© Todos los derechos reservados - FUNDACIÓN DE CIENCIAS DE LA SALUD

Rappaport, H. B. & Oliverio, A. M. (2024). Lessons from extremophiles: functional adaptations and genomic innovations across the eukaryotic tree of life. *Genome Biology and Evolution*, 16(8), evae160. Disponible en: <10.1093/gbe/evae160>.

Reich, W. T. (1995). *Encyclopedia of bioethics*. 2nd ed. New York: Macmillan Pub. Co.: Simon & Schuster Macmillan; London: Prentice Hall International.

Salinas-García, M. Á., Fernbach, J., Rinnan, R. & Priemé, A. (2025). Extreme smells - microbial production of volatile organic compounds at the limits of life. FEMS Microbiology Reviews, fuaf004. Disponible en: <10.1093/femsre/fuaf004>.

Salwan, R. & Sharma, V. (2020). Physiology of extremophiles. In. Salwan R, Sharma V. Physiological and biotechnological aspects of extremophiles. Academic Press, 2020, p. 13-22. Disponível: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818322-9.00007-1

Sánchez, L. L. (2021). Ética en situación de catástrofe sanitaria: COVID e ingreso en UCI. *EIDON*, 56, 107-116. Disponible en: <10.13184/eidon.56.2021.107-116>.

Schramm, F. R. (1994). Toda ética é, antes, uma bioética. *Humanidades*, 9(4), 324-331.

Schramm, F. R. (1997). Niilismo tecnocientífico, holismo moral e a Bioética Global de V.R. Potter. História, Ciências, Saúde-Manguinhos, 4(1), 95-113 Disponible en: https://www.scielo.br/j/hcsm/a/L475LJcJfyccbZMH7qPfkXr/?lang=pt

Schramm, F. R. (2001). Bioética e comunicação em oncologia. *Revista Brasileira de Cancerologia*, 47(1): 25-32. Disponible en: https://rbc.inca.gov.br/index.php/revista/article/view/2394

Schramm, F. R. (2005). Bioética de proteção: justificativa e finalidades. *Iatrós* [Internet]. 2005 [acesso 7 dez 2021]; 1:121-30. Disponible en: https://bit.ly/3pXz9aR

Schramm, F. R. (2015). *Três ensaios de bioética*. Rio de Janeiro, Editora Fiocruz.

Schramm, F. R. (2017). A bioética de proteção: uma ferramenta para a avaliação das práticas sanitárias? *Ciência & Saude Coletiva*, 22, 1531-1538. Disponible en: https://www.scielo.br/j/csc/a/G5RtQq4GXZb8SXJYSYbPb8s/

Schramm, F. R. & Kottow, M. (2001). Principios bioéticos en salud pública: limitaciones y propuestas. *Cadernos de Saúde Pública*, 17(4), 949-956. Disponible en: https://www.scielo.br/j/csp/a/DxJCCf8XTBmbQzG6NYNdkhP/?lang=es

Schrodinger, E. (1994). *What is life?* Cambridge, Cambridge University Press.

Schulze-Makuch, D., Guan, H., Irwin, L. N., & Vega, E. (2002). Redefining life: An ecological, thermodynamic, and bioinformatic approach. In Pályi, G., Zucchi, C., Caglioti. L. Fundamentals of life (pp. 169-179). New York, Elsevier.

Siqueira-Batista, R., Motta, O. J. R. & Gomes, A. P. (2012). Sob as bençãos de Jano: (Bio)ética - passado, presente e futuro. In: Soeiro, A. C. V., Palheta Neto, F. X. Ensaios em bioética e cuidado em saúde. Belém, GCOM Gráfica e Editora, 23-60.

Siqueira-Batista, R. (2020). (Bio)ética para todos os seres: proêmio. In: Castro, J. C., Niemeyer-Guimarães, M., Siqueira-Batista, R. *Caminhos da Bioética* - Volume III.

© Todos los derechos reservados - FUNDACIÓN DE CIENCIAS DE LA SALUD

Teresópolis: Editora Unifeso, p. 257-276, 2020. Disponible en: https://www.unifeso.edu.br/editora/pdf/38f41d4ac12043752ee58c50749d3132.pdf

Siqueira-Batista R., Alcantara, F. A. & Silva, E. (2024). Apenas humanos são dignos de consideração ética? O cuidado aos autopsicobots à luz das multiplicidades da (Bio)ética para todos os seres. In: Lopes Jr., D.; Franco, T. B. *Bioética e suas multiplicidades*. Niterói, EdUff, p. 173-189. Disponible en: https://www.eduff.com.br/produto/bioetica-e-suas-multiplicidades-e-book-pdf-785

Spry, J. A., Siegel, B., Bakermans, C., Beaty, D. W., Bell, M. S., Benardini, J. N., Bonaccorsi, R., Castro-Wallace, S. L., Coil, D. A., Coustenis, A., Doran, P. T., Fenton, L., Fidler, D. P., Glass, B., Hoffman, S. J., Karouia, F., Levine, J. S., Lupisella, M. L., Martin-Torres, J., Mogul, R., Olsson-Francis, K., Ortega-Ugalde, S., Patel. M. R., Pearce, D. A., Race, M. S., Regberg, A. B., Rettberg, P., Rummel, J. D., Sato, K. Y., Schuerger, A. C., Sefton-Nash, E., Sharkey, M., Singh, N. K., Sinibaldi, S., Stabekis, P., Stoker. C. R., Venkateswaran, K. J., Zimmerman, R. R. & Zorzano-Mier, M. P. (2024). Planetary protection knowledge gap closure enabling crewed missions to Mars. Astrobiology, 24(3), 230-274. Disponible en: https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/ast.2023.0092

Thombre, R. S., Vaishampayan, P. A. & Gómez, F. (2020). Applications of extremophiles in astrobiology. In. Salwan R, Sharma V. Physiological and biotechnological aspects of extremophiles. Academic Press, 89-104. Disponible en: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818322-9.00007-1

Tomás de Aquino. (2005). *O ente e a essência*. 2ª ed. Petrópolis: Vozes.

Vickers, P., Gardiner, E., Gillen, C., Hyde, B., Jeancolas, C., Finnigan, S. M., Nováková, J. N., Strandin, H., Tasdan, U., Taylor, H. & McMahon, S. (2025). Surveys of the scientific community on the existence of extraterrestrial life. Nature Astronomy, 9, 16-18. Disponible en: https://doi.org/10.1038/s41550-024-02451-0

Warmflash, D., Larios-Sanz, M., Jones, J., Fox, G. E. & McKay, D. S. (2007). Biohazard potential of putative martian organisms during missions to Mars. Aviation, Space, and Environmental Medicine, 78(4 Supl), A79-88. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17511302/

Wells, H. G. (2018). *La guerra de los mundos*. Buenos Aires, Ediciones Lea.

Wittgenstein, L. (1975). *Investigações Filosóficas*. São Paulo, Abril Cultural.

Wong, G. M., Franz, H. B., Clark, J. V., McAdam, A. C., Lewis, J. M. T., Millan, M., Ming, D. W., Gomez, F., Clark, B., Eigenbrode, J. L., Navarro-González, R. & House, C. H. (2022). Oxidized and reduced sulfur observed by the Sample Analysis at Mars (SAM) instrument suite on the Curiosity rover within the Glen Torridon region at Gale crater, Mars. Journal of Geophysical Research: Planets, 127, e2021JE007084 Disponible en: https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2021JE007084

Zaccaria, T., de Jonge M. I., Domínguez-Andrés, J., Netea, M. G., Beblo-Vranesevic, K. & Rettberg, P. (2024). Survival of environment-derived opportunistic bacterial pathogens to martian conditions: is there a concern for human missions to Mars? Astrobiology, 24(1), 100-113. Disponible en: https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/ast.2023.0057

© Todos los derechos reservados - FUNDACIÓN DE CIENCIAS DE LA SALUD