

## VIII

ASTROBIOLOGÍA, CULTURA POPULAR Y COMUNICACIÓN  
SOCIAL DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA*Miguel Alcibar Cuello\**

## RESUMEN

En este ensayo me propongo esbozar los principales acontecimientos que favorecieron la emergencia y consolidación de la astrobiología, analizar brevemente las mutuas influencias entre ésta y la ciencia ficción, y plantear de modo sucinto la importancia del programa astrobiológico para la comunicación social de la ciencia y la tecnología.

## 1. INTRODUCCIÓN

La creencia en la existencia de vida e inteligencia en otros lugares del Universo pudiera parecer un mero producto de la imaginación popular, fruto de la necesidad humana de creer en seres trascendentes y de su amplia difusión en el cine, la publicidad, la literatura, la música o el cómic. Sin embargo, nuestra época vive también un resurgir del interés científico por la vida extraterrestre. Prueba de ello son, por ejemplo, los distintos proyectos de la NASA o la ESA encaminados a buscar vida actual o extinta en Marte, el sofisticado programa SETI que intenta captar señales electromagnéticas procedentes de civilizaciones alienígenas o la actualización de antiguas teorías como la de la panspermia, que defiende un origen foráneo para la vida en la Tierra.

---

\* Miguel Alcibar (1962) es actualmente Profesor de Periodismo en la Facultad de Comunicación de la Universidad de Sevilla (España). Ha sido responsable durante los últimos tres años del Área de Comunicación del Centro de Astrobiología (CSIC-INTA), asociado al *NASA Astrobiology Institute*, situado en Torrejón de Ardoz (Madrid). Es Licenciado en Ciencias Biológicas y Doctor en Comunicación. Perteneció al Grupo de Investigación de "Comunicación y Cultura", adscrito al Departamento de Periodismo I de la Facultad de Comunicación, Universidad de Sevilla. Es autor de más de una docena de artículos científicos. El CSIC acaba de publicar su libro *Comunicar la Ciencia. La clonación como debate periodístico*. Sus intereses se centran en la representación social que los medios realizan de las controversias tecnocientíficas, en especial de aquellas relacionadas con la investigación biomédica y medioambiental. Además, combina su actividad académica con su actividad artística como actor profesional.

De la antigua Grecia de Demócrito a la Europa ilustrada de Kant, el pensamiento cosmológico ha experimentado una revolución. Se ha pasado de una concepción del Universo como un lugar estéril y desolado a la de un Universo vivo (Dick, 1998). Aunque parece obvio que la especulación teórica acerca de la posible existencia de vida extraterrestre ha sido una constante en la historia del pensamiento occidental, no es menos cierto que desde mediados del siglo pasado los esfuerzos por dilucidar tal incógnita se ha centrado en la búsqueda activa de evidencia empírica.

## 2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL AUGE Y CONSOLIDACIÓN DE LA ASTROBIOLOGÍA

La historia que aquí voy a bosquejar es un buen modelo para comprender la propia naturaleza de la ciencia. Si bien, en el siglo IV a.C., algunos filósofos presocráticos ya especulaban con la posibilidad de que la vida hubiese florecido en otros mundos distintos de la Tierra, lo cierto es que la *nueva síntesis* que supone la astrobiología surge, se desarrolla y afianza en el siglo XX. Hasta la primera mitad de ese siglo hubo pocos datos empíricos que apoyaran la idea de la existencia de vida en otros mundos. No obstante, la falta de evidencia empírica no fue óbice para que predominaran argumentos filosóficos como el *principio de plenitud* (“todo lo posible exige existir”) y la *gran cadena del ser*, así como argumentos teológicos y de sentido común basados en la observación de un vasto número de estrellas (Dick, 2006).

El programa científico que intenta encontrar esta evidencia empírica cristalizó y se consolidó en el periodo 1957-1973 con el nacimiento de la *exobiología*, luego llamada *biología planetaria* y, más tarde aún, *astrobiología* (Strick, 2004).<sup>1</sup> La puesta en órbita de la sonda soviética *Sputnik* en 1957, de la que ahora se cumple medio siglo, animó al Congreso, al estamento militar y a gran parte del público norteamericano a demandar mayores y más inmediatos logros científico-tecnológicos, para no quedar rezagados en la carrera espacial que comenzaba. Pero entre los consultores científicos del presidente Eisenhower había serias dudas con respecto a los posibles beneficios estratégicos de la exploración espacial (Wolfe, 2002). En cual-

---

<sup>1</sup> Aunque la primera referencia del término “astrobiología” hay que buscarla en un libro de 1953 del astrónomo soviético Tikhov (Cockell, 2001), no fue hasta la creación del *NASA Astrobiology Institute* (NAI) en 1997 que el término se populariza e impone en la comunidad científica, probablemente debido a que su plasticidad conceptual es mayor que la del término “exobiología”, acuñado en 1960 por el Nobel Joshua Lederberg.

quier caso, y pese a estas iniciales reticencias, el 29 de julio de 1958 se fundó, como agencia espacial, la NASA.

Casi desde sus inicios, la NASA estableció un programa de ciencias de la vida, puesto que una de sus prioridades fue entrelazar la investigación sobre el origen de la vida con la búsqueda de vida o de sus constituyentes más allá de nuestro planeta. La presencia de un destacado grupo de científicos de prestigio, encabezado por Joshua Lederberg, ayudó a que la exobiología ganara en credibilidad. El 1 de marzo de 1960, la NASA creó oficialmente la *Life Sciences Office*, asumiéndose también como una prioridad el estudio de la esterilización de los vehículos espaciales para evitar que pudieran contaminar otros mundos. Pronto se empezó a discutir y planear sobre futuras misiones a la Luna y, lógicamente, sobre las medidas de protección a adoptar para evitar la contaminación biológica de origen terrestre o la debida a un inadvertido retorno a la Tierra de posibles microbios cósmicos (Wolfe, 2002; Strick, 2004).

Pero el entusiasmo inicial no estuvo exento de obstáculos. Muchos biólogos académicos criticaron abiertamente el sinsentido de crear un campo científico carente de objeto de estudio, puesto que el único ejemplo de vida conocido era el de la Tierra. Uno de los críticos más acérrimos fue el evolucionista George Gaylord Simpson (1964), quien llamó a los partidarios de la nueva disciplina "ex-biólogos convertidos en exo-biólogos". Es interesante señalar que gran parte de estas críticas fueron consecuencia de las luchas internas que se libraron dentro de la propia comunidad científica por delimitar fronteras entre disciplinas. El propio Simpson señaló que prestar atención a especulaciones atractivas pero imaginarias podría desviar importantes recursos hacia la exobiología, necesarios para la investigación de la biología terrestre. Más adelante incidiré en este importante aspecto.

Pese a las críticas, el apoyo de la NASA al programa exobiológico fue crucial. No sólo financió muchas líneas de investigación sino que propició que desde principios de 1967 se celebrara una serie de encuentros que resultaron cardinales para consolidar el incipiente campo de la exobiología. Entre 1972-1973, con la creación de su propia sociedad profesional y revista, la exobiología había alcanzado un cierto grado de madurez y había aportado relevantes contribuciones a la ciencia básica de la vida, como la explicación de Margulis sobre el origen endosimbiótico de la célula eucariota o el descubrimiento de las arqueas por Woese (Strick, 2004; Dick y Strick, 2004). El apoyo de la NASA culminó en 1976 con la gestión de los experimentos biológicos *in situ* que las sondas *Viking* llevaron a cabo en la superficie de Marte (Alcívar, 1999).<sup>2</sup> En 1982 finalizó la misión *Viking* y aunque

---

<sup>2</sup> En este artículo se hace una síntesis divulgativa de los experimentos que las sondas *Viking* realizaron en la superficie marciana.

no suministró evidencias plausibles de que en Marte hubiese vida, sí proporcionó importante información sobre su geomorfología y su meteorología (Garvin, 2001; Garvin *et al.*, 2001). A pesar de los desalentadores experimentos biológicos, muchos científicos de la era post-*Viking* decidieron ampliar sus horizontes más allá del planeta rojo, en su búsqueda de vida extraterrestre. El descubrimiento de un océano hipersalino bajo la capa de hielo del satélite joviano Europa, de moléculas orgánicas en la luna Titán, de Saturno, de nichos ecológicos extremos en la Tierra y de una compleja historia hidrológica en Marte, aún sugieren que el Sistema Solar tiene un considerable interés exobiológico.

Inevitablemente, tras los fallidos experimentos biológicos de los *Viking*, hubo un declive en el interés exobiológico del planeta rojo, hasta que en 1996 el influyente gabinete de prensa de la NASA diseñó lo que hoy parece una eficaz estrategia divulgativa para reactivar el programa de exploración de Marte (De Semir, 1996; Holliman, 1999 y Kiernan, 2000). La estrategia consistió en instrumentalizar los medios de comunicación con fines propagandísticos para persuadir tanto a la opinión pública como al gobierno de Clinton de la necesidad de reanudar misiones científicas en el planeta rojo. El desconocimiento de los códigos políticos y retóricos de la ciencia que muchos periodistas mostraron, les impidió percatarse de que la rueda de prensa del 7 de agosto de 1996, en la que la NASA anunció que científicos adscritos a la institución habían encontrado pruebas de vida primitiva en un meteorito marciano, formaba parte de una campaña de sensibilización de la opinión pública con el manifiesto propósito de solicitar de la Administración Clinton apoyo financiero para nuevas misiones a Marte, prácticamente paralizadas desde la época de los *Viking*. La mayoría de la prensa obvió estos aspectos extra-epistémicos, poniendo su punto de mira exclusivamente en la supuesta “evidencia fósil”. Las connotaciones sociopolíticas de este anuncio fueron estratégicamente veladas por una retórica que acentuaba los aspectos intrínsecamente espectaculares de la noticia. Únicamente *Financial Times* en su sección “Noticias Internacionales” aludió el 8 de agosto a las intenciones de la NASA. Diez días después de la rueda de prensa, las críticas se generalizaron. Por ejemplo, en *New Scientist* y *The Daily Telegraph* las críticas se dirigieron a la forma y al contenido del anuncio efectuado por la agencia espacial. Otras, las menos, incidieron en cómo algunos medios habían acatado de forma servil, sin aplicar ningún análisis valorativo, la información proporcionada por la NASA (De Semir, 1996). Este caso es muy interesante para entender las complejas relaciones entre la tecnociencia, la política, la economía y la sociedad.

Pocos meses después del anuncio del “meteorito marciano” y de que la sonda *Galileo* obtuviera pruebas de la existencia de un océano de agua lí-

quida bajo la superficie helada de Europa, se creó el *NASA Astrobiology Institute* (NAI) (Blumberg, 2003). En diciembre de 1998 se editó el *NASA Astrobiology Roadmap*, un documento que a partir de tres cuestiones básicas (de dónde venimos, a dónde vamos y si estamos solos en el Universo) plantea diez objetivos científicos para la astrobiología (Morrison, 2001).<sup>3</sup>

### 3. ASTROBIOLOGÍA Y CIENCIA FICCIÓN: RETÓRICAS Y FRONTERAS

En el proceso de remozamiento y consolidación de la astrobiología como campo de investigación transdisciplinar acerca del origen, distribución, evolución y futuro de la vida en el Universo, el juego de acercamientos y rechazos con la ciencia ficción ha desempeñado un doble e interesante papel. Por una parte, gracias a su estrecha relación con las distintas manifestaciones de la cultura popular, la astrobiología se ha habilitado socialmente como un intento serio para validar con argumentos científicos la existencia de vida más allá de la Tierra (Brake y Hook, 2007). Por la otra, gracias al activo esfuerzo que realizaron los primeros investigadores por establecer nítidas fronteras entre sus intereses científicos y las especulaciones fantaseadoras, la astrobiología se ha consolidado como una nueva síntesis en el restringido ámbito de la comunidad científica.<sup>4</sup>

Al examinar cómo los fundadores de la exobiología se posicionaron en contraste con la ciencia ficción y en relación con otras ciencias del espacio, es posible entender cómo ciertas actitudes sociales y políticas interactúan con los intereses epistémicos de la ciencia, por medio de elecciones retóricas y recursos narrativos. Para exponer estas ideas seguiré básicamente a Wolfe (2002).

#### *Influencia mutua entre astrobiología y ciencia ficción*

Primero en la literatura de ciencia ficción, posteriormente en el debate sobre los OVNIS y finalmente gracias al poder emocional del cine, el mito moderno que asegura que estamos siendo visitados por civilizaciones extra-terrestres se ha convertido en parte integral de la cultura popular (Dick, 1998).

---

<sup>3</sup> *The NASA Astrobiology Roadmap*. Versión final del 20-11-2002. Disponible en <[www.nai.arc.nasa.gov](http://www.nai.arc.nasa.gov)>

<sup>4</sup> Por ejemplo, el propio Lederberg fue columnista semanal del *Washington Post* entre 1966 y 1972 y Carl Sagan desarrolló una importante labor divulgativa.

Durante el siglo xx, ciencia y ciencia ficción han establecido unas crecientes relaciones simbióticas. No sólo la tesis del pluralismo encontró en los alienígenas su lugar en la ficción, sino que la ficción también se inspiró en la ciencia para abordar y desarrollar cuestiones de anticipación científico-tecnológicas (Brake, 2006). Algunos relatos de ficción, como por ejemplo *Solaris*, la evocadora historia de Stanislaw Lem que cuenta el contacto con otras inteligencias, inspiraron a muchos de los pioneros de la exobiología y del programa SETI. La propia novela *Contact*, del destacado astrobiólogo y divulgador Carl Sagan, incide desde una perspectiva realista en la posibilidad del contacto con alienígenas. Sobre el argumento de la contaminación extraterrestre, preocupación básica para los pioneros de la exobiología, la novela de Michael Crichton *The Andromeda Strain* (“La amenaza de Andrómeda”) representa un creíble ejercicio narrativo. Otros autores de ciencia ficción han indagado en otras implicaciones del programa astrobiológico, explorando los problemas éticos que podría generar la terraformación de otros mundos o la colonización espacial.

### *Demarcación de fronteras*

Además de las difíciles negociaciones para establecer su autoridad institucional dentro de la estructura formal de las ciencias del espacio, la exobiología encaró otra ardua batalla para conseguir legitimidad científica. Lederberg y sus colegas se encontraban en una delicada tesitura al defender una ciencia, calificada por ellos mismos como la empresa más válida del programa espacial, que guardaba tantas similitudes con la ciencia ficción. Puesto que la exobiología requería del apoyo tanto de la comunidad científica como del público general si quería convertirse en un programa de investigación científica de “mérito intrínseco”, las comparaciones explícitas con la ciencia ficción podían representar una seria amenaza. Preocupado de que el discurso de los detractores de la exobiología calara en el público, llevándolo a identificar la nueva ciencia con la búsqueda de vida inteligente en otros planetas, Lederberg se esforzó desde el principio por presentar la exobiología como un problema de contaminación. Lederberg reconoció el peligro que suponía la filiación de la exobiología con los presupuestos de la ciencia ficción, por lo que intentó delimitar con precisión la frontera entre la excelencia de esta nueva área de la investigación científica y sus popularizaciones y “tergiversaciones”.

Si titulares y viñetas amenazaban con socavar la legitimidad científica de la exobiología, el cuerpo de los textos periodísticos generalmente combinaba argumentos científicos con técnicas narrativas de la ciencia ficción.

Así, por ejemplo, en dos artículos aparecidos en *Time*, uno de 1961 y otro de 1963, se comenzaba conjurando el fantasma de los alienígenas para luego revelar la verdadera ciencia microbiológica o molecular que estaba detrás del programa exobiológico. Pero este discurso popular no sólo alimentó el apetito del público por la exploración espacial, sino que también legitimó socialmente a aquellos científicos que defendían la exobiología. Aunque virus y bacterias –y por extensión la nueva genética molecular que los emplea como modelos de estudio– fueron inicialmente representados como invasores terroríficos, los artículos también enfatizaron el papel de los científicos que los estudiaban en el aprovechamiento de sus capacidades científicas y tecnológicas para decodificar la supuesta biología extraterrestre y para protegernos de una imprevisible invasión alienígena. Este temor, por lo tanto, justificó tanto el estudio de la exobiología como su autonomía disciplinar de la genética bioquímica.

La popularización de la ciencia puede desempeñar un significativo papel en la implementación de conceptos y en cómo éstos son aceptados e incorporados al sistema social de creencias. Cuando se trata de un campo novedoso que de alguna manera hay que justificar públicamente (por representar un cambio de paradigma, por las cargas presupuestarias que puede acarrear, por los riesgos potenciales de su desarrollo o por sus implicaciones sociales), los científicos tienden a utilizar canales informales para divulgar el nuevo concepto. Esta estrategia puede favorecer el reconocimiento social (incluido el de la institución científica) de ese nuevo dominio del conocimiento. Se cataliza así el establecimiento de un reciente nicho para ser explotado profesionalmente por sus impulsores (Alcíbar, en prensa).

#### 4. ASTROBIOLOGÍA Y POPULARIZACIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

Dada la complejidad y diversidad de cuestiones que se plantea, la astrobiología requiere para su desarrollo del concurso de muchas y variadas disciplinas bien establecidas, tales como la biología, la física, la química, la geología o la ingeniería robótica. Es por ello por lo que el NAI ha elaborado una “hoja de ruta” en la que describe las metas y objetivos científico-tecnológicos fundamentales que deben guiar al investigador que se adentra en este campo de estudio. La astrobiología es, por tanto, una ambiciosa y fascinante área transdisciplinar que pretende tender puentes de entendimiento entre las ciencias biológicas, las físicas y la ingeniería, convirtiéndose de esta manera en un modelo ideal para comunicar al público de forma integral distintos aspectos de la ciencia, la tecnología y la sociedad.

La astrobiología presenta una serie de rasgos que la convierten en una materia idónea para despertar en el público el interés por la ciencia y la tec-

nología. Esta capacidad de atracción se debe a la confluencia de varios factores. Por una parte, tanto la exploración planetaria como la búsqueda de signos de actividad biológica en otros cuerpos del Sistema Solar, plantean problemas que se encuentran en las fronteras de la ciencia y la tecnología o que tienen relación directa con el sugestivo eje del origen y la extinción: el origen del Universo, de los elementos básicos para la vida, de la vida misma, o la extinción en masa de determinadas especies biológicas, como los dinosaurios (Alcibar, 2005). Por otra parte, apelan a la aventura, a la imaginación y al enigma, aspectos que han sido y son muy reforzados por las narraciones de ciencia ficción.

El cuadro 1 (adaptado de Staley, 2003) proporciona una idea general del inmenso potencial divulgativo que presenta la astrobiología. Para abordar cualquiera de estos temas es necesario combinar distintas herramientas conceptuales y metodológicas procedentes de diferentes disciplinas. Por ejemplo, una misión a Marte para buscar rastros de vida actual o extinta requiere la colaboración de ingenieros, físicos, geólogos y, naturalmente, biólogos. Partiendo de su específica jerga y de sus propias tradiciones de investigación, todos estos expertos deben realizar un esfuerzo de convergencia para lograr los objetivos de la misión. Por esta razón, la noción básica en astrobiología es la de *transdisciplinariedad*.

#### Áreas temáticas destacadas en astrobiología

- Zonas de nacimiento de estrellas, supernovas y reciclado de elementos químicos
- Formación de sistemas planetarios
- Origen, evolución y distribución de la vida
- Búsqueda de biomarcadores extraterrestres
- Búsqueda de planetas y satélites potencialmente habitables dentro y fuera de nuestro Sistema Solar
- Geosfera, hidrosfera y atmósfera de la Tierra primitiva
- Rasgos geomorfológicos, historia del agua y evolución atmosférica de planetas y satélites del Sistema Solar
- Biosfera de la Tierra primitiva
- Extinciones en masa y biodiversidad
- Evidencia fósil y geoquímica de la vida primigenia
- Vida en ambientes extremos
- Astroquímica de nubes interestelares y meteoritos

CUADRO 1. Principales áreas temáticas que engloba el programa astrobiológico

La fascinación, curiosidad y admiración que despiertan las metas y cuestiones científicas que se plantea la astrobiología, y la evidente dosis de peligro y aventura que entrañan las misiones espaciales, la ha convertido en una de las áreas de investigación mejor consideradas por el público y, por supuesto, por los divulgadores de la ciencia y la tecnología. Las primeras imágenes de la rojiza y pedregosa superficie marciana, enviadas por las sondas *Viking* y reproducidas por los medios de comunicación, contribuyeron a avivar en el público las expectativas de superación que tiene el hombre como especie inteligente. También fomentaron la ambivalente imagen social que se tiene del progreso científico: la hazaña que supone trascender fronteras y establecer nuevos límites, con sus beneficios asociados, pero también con los peligros que esta empresa supone. Hay un cierto sentido dramático en esta imagen bipolar de la ciencia, que ha dado lugar a variadas aventuras popularizadas, desde hace décadas, por la literatura y el cine de ciencia ficción, y que por ello despiertan la imaginación y entroncan con los sueños y pesadillas más íntimos del ser humano.

En resumen, la vocación transdisciplinar, la estimulante incursión en problemas que están en las fronteras de la ciencia y la tecnología, el carácter pionero e innovador, el halo poético y enigmático que impregna muchas de sus realizaciones, los beneficios sociales que, a veces, proporciona, y la sensación de riesgo y aventura que conlleva toda empresa que trasciende los límites conocidos, hace de la astrobiología una excelente materia para comunicar la ciencia y la tecnología a amplios sectores de la sociedad.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Alcibar, Miguel, 1999, "Vida en Marte: el experimento inacabado", *Universo*, 45.
- Alcibar, Miguel, 2005, "La astrobiología y la comunicación integral de la ciencia y la tecnología", ponencia presentada en el *II Congreso Iberoamericano de Filosofía de la Ciencia y la Tecnología*, Universidad de La Laguna. Disponible en Internet: <<http://www.cibernous.com/autores/astrobiologia/teoria/alcibar.htm>>
- Alcibar, Miguel, 2007, "¿Cuáles son los propósitos que tienen los científicos para practicar la divulgación?", ponencia presentada en el *IV Congreso de Comunicación Social de la Ciencia*, Madrid, noviembre de 2007.
- Blumberg, Baruch S., 2003, "The NASA Astrobiology Institute: Early History and Organization", *Astrobiology*, 3 (3), pp. 463-470.
- Brake, Mark, 2006, "On the plurality of inhabited worlds: a brief history of extraterrestrialism", *International Journal of Astrobiology*, 5 (2), pp. 99-107.
- Brake, Mark y Neil Hook, 2007, "Darwin to the double helix: astrobiology in fiction", *International Journal of Astrobiology*, 6 (4).
- Cockell, Charles S., 2001, "'Astrobiology' and the ethics of new science", *Interdisciplinary Science Reviews*, 26 (2), pp. 90-96.
- De Semir, Vladimir, 1996, "Historia de la noticia más importante de la historia. Cronología y

- análisis de una información científica y de su medio de cultivo social. Reflexiones sobre la comunicación, el periodismo y la deontología”, *Quark. Ciencia, Medicina, Comunicación y Cultura*, 5, pp. 9-21.
- Dick, Steven J., 1998, *Life on Other Worlds. The 20th-Century Extraterrestrial Life Debate*, New York, Cambridge University Press.
- Dick, Steven J., 2006, “NASA and the search for life in the universe”, *Endeavour*, 30 (2), pp. 71-75.
- Dick, Steven J. y James E. Strick, 2004, *The Living Universe: NASA and the Development of Astrobiology*, New Brunswick, Rutgers University Press.
- Garvin, James B., 2001, “The Emerging Face of Mars: A Synthesis from Viking to Mars Global Surveyor”, *Astrobiology*, 1 (4), pp. 513-521.
- Garvin, James B.; Figueroa, Orlando y Firouz M. Naderi, 2001, “NASA’s New Mars Exploration Program: The Trajectory of Knowledge”, *Astrobiology*, 1 (4), pp. 439-446.
- Holliman, Richard, 1999, “British public affairs media and the coverage of ‘Life on Mars?’”, En: Scanlon, E. (ed.), *Communicating Science. Contexts and Channels*, London and New York, Routledge and The Open University.
- Kiernan, Vincent, 2000, “The Mars Meteorite: A case study in controls on dissemination of science news”, *Public Understanding of Science*, 9 (1), pp. 15-41.
- Lafuente, Antonio y Alberto Elena, 1996, “Los científicos ante su imagen y su público”, *Claves de Razón Práctica*, 67, pp. 48-55.
- Morrison, David, 2001, “The NASA Astrobiology Program”, *Astrobiology*, 1 (1), pp. 3-13.
- Simpson, George Gaylord, 1964, “The Nonprevalence of Humanoids”, *Science*, 143, pp. 769-775.
- Staley, James T., 2003, “Astrobiology, the transcendent science: the promise of astrobiology as an integrative approach for science and engineering education and research”, *Current Opinion in Biotechnology*, 14, pp. 347-354.
- Strick, James E., 2004, “Creating a Cosmic Discipline: The Crystallization and Consolidation of Exobiology, 1957-1973”, *Journal of the History of Biology*, 37, pp. 131-180.
- Wolfe, Audra J., 2002, “Joshua Lederberg, Exobiology, and the Public Imagination, 1958-1964”, *Isis*, 93, pp. 183-205.