

(IV)
SETI: LA CONVERGENCIA COMO UN NUEVO PARADIGMA
(Julián Chela-Flores)*

RESUMEN

En el artículo que nos guía para la colaboración “Astrobiología y Filosofía IV”, Frank Drake nos ha aportado el principal paradigma que ha predominado en la búsqueda de inteligencia extraterrestre: *Los extraterrestres se comportaran como nosotros mismos* (Drake, 2001). En su artículo Drake propone ser cautos y mantener la mente abierta a posibles cambios de paradigma. Thomas Samuel Kuhn el historiador de la ciencia americano es conocido por su libro *The Structure of Scientific Revolutions* (1962), uno de los más influyentes trabajos en la historia de la filosofía, donde discute la relevancia de los cambios de paradigma en el desarrollo de la ciencia. Tanto en SETI, como en todas las grandes empresas académicas y de investigación, los cambios de paradigma pueden anticipar las revoluciones en nuestra manera de afrontar los problemas más profundos de nuestra cultura. Drake mismo nos propone dos cambios en el paradigma: (1) *Al desarrollarse, las civilizaciones se hacen gradualmente menos accesibles a la radioastronomía.* (2) *A medida que las radio transmisiones son gradualmente más difíciles de detectar, las emisiones ópticas son más favorables como bioseñales de civilizaciones en exoplanetas.* No es sorprendente que el paradigma y sus variaciones estén basados en la astronomía, ya que ésta es el fundamento del pensamiento de los radioastrónomos, que son quienes han propuesto e impulsado SETI durante más de medio siglo. Desde el punto de vista de la biología, sin embargo, otros son los paradigmas que pueden guiar nuestra búsqueda de vida inteligente en el universo. En este trabajo extendemos el paradigma de SETI del presente contexto de la bioastronomía hasta el contexto de las ciencias de la vida: *“Los extraterrestres evolucionarán como nosotros”.*

1. DARWIN, DE DUVE, DEWEY Y DRAKE: CIENCIA Y FILOSOFÍA DE LA VIDA EN EL COSMOS

* Julián Chela-Flores (Caracas, 1942) se graduó en la Universidad de Londres con el grado de Doctor en el área de física. Es miembro de la Academia de Ciencias de la América Latina; The Academy of Sciences of the Developing World; The Academy of Scientific Endeavours (Moscú) y Miembro Correspondiente de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela. Su área de investigación es la astrobiología y su relación con las humanidades. Organizó y fue co-director de la Escuela Iberoamericana de Astrobiología en Caracas (1999) y de una serie de siete conferencias de astrobiología en Trieste (1992-2003). Todos estos eventos fueron co-editados por el Profesor Chela-Flores habiendo sido publicados por casas editoriales en los Estados Unidos y Europa. Fue Investigador Titular Asociado del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas y Profesor Titular de la Universidad Simón Bolívar. Actualmente es Miembro Asociado del Centro Internacional de Física Teórica Abdus Salam (ICTP) en Trieste Italia; Profesor Titular de la Fundación IDEA e Investigador Asociado de la Escuela de Física Teórica del Instituto de Estudios Avanzados de Dublín. Además de numerosos artículos científicos y divulgativos sobre astrobiología, es autor de dos libros: *The New Science of Astrobiology From Genesis of the Living Cell to Evolution of Intelligent Behavior in the Universe*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 251 pp., [2ª ed.: *The Science of Astrobiology*, 360 pp., Springer (2011)] y *A second Genesis: Stepping-stones towards the intelligibility of nature*, World Scientific Publishers, Singapore (2009), 248 pp.

Primero que todo deseo expresar mi admiración por la magnífica lección pública de John Dewey: *Charles Darwin and His Influence on Science* (Dewey, 1909). En la Universidad de Columbia el filósofo americano discutió la razón por la cual Darwin precipitó una crisis hace ya más de un siglo—en 1909—con la claridad y la precisión que caracterizaban sus disquisiciones filosóficas. La errónea impresión que dominaba a comienzos del siglo XX sobre la controversia que había surgido con la publicación del *Origen de las Especies* parecía ser entre la biología, de una parte, y la religión en la parte opuesta. Todo lo contrario, según Dewey el principal problema que nos presenta el aporte magistral de Darwin es uno que debe buscar la controversia más bien en el seno de la ciencia y de la filosofía. A Darwin le preocupaba cómo reaccionarían sus colegas científicos: Lyell en geología, Hooker en botánica y Huxley en zoología. El genio de Darwin consistió en extender hasta la ciencia y la filosofía un nuevo principio de transición, liberando a las ciencias de la vida del severo vínculo con la lógica, con la cual se estudiaba la mente, la moral y la vida misma. Dewey, con su brillantez típica, nos hace la comparación entre lo dicho por Galileo para la Tierra (*epur se muove*) y la análoga extensión de Darwin en relación con la mutabilidad de las especies.

Con Christian De Duve estamos convencidos de que en un ambiente extraterrestre la evolución, a través de la selección natural, no reproduciría irremediablemente a la humanidad. Sin embargo, debe considerarse la posibilidad de si un nivel de inteligencia equivalente al de los humanos (por ejemplo, en sus logros tecnológicos) podría ser logrado como consecuencia de los factores evolutivos que ya hemos identificado en la Tierra: la selección natural y la evolución cultural. Esta opción es independiente de los detalles particulares del árbol de la vida (filogenético) que hayan elevado microorganismos hasta organismos (no necesariamente humanos) inteligentes (De Duve, 1995; Conway-Morris, 1998; 2003).

Con un ejemplo podemos ilustrar un hecho fundamental. La no repetibilidad de la humanidad no es el punto central en nuestra búsqueda de posibles paradigmas motivados por la biología para reemplazar el paradigma de Drake, basado en la radioastronomía. Para lograr este objetivo es útil recordar que los organismos con el mismo tamaño de cuerpo, pero con cerebros más grandes, son organismos más '*encefalizados*' (Marino, 1997a, b; 2000). El nivel de encefalización se correlaciona bastante bien con algunos indicadores de inteligencia, tales como la capacidad de resolver problemas tecnológicos. El caso del chimpancé no es muy útil, ya que su grado de encefalización es sólo un tercio del nuestro. Además, su evolución es muy cercana al *Homo sapiens* (los genomas coinciden en un 90%). Hasta hace unos 7 millones de años (Ma) antes del presente nuestros ancestros todavía no se habían separado en líneas evolutivas independientes. Por todo ello, resulta

mucho más útil establecer una comparación entre humanos y cetáceos (delfines y ballenas). Algunas especies de delfines tienen un grado de encefalización de un 65% del *H. sapiens*. Además, por ser mamíferos que tienen 60 millones de años de evolución en un medio acuático, su cerebro es diferente al del chimpancé. Por otro lado, si observamos la evolución de los cetáceos más altamente encefalizados, salta a la vista el hecho de que su grado de encefalización es superior al del *Australopitecos*. También es superior a nuestros ancestros homínidos, como el *H. habilis*. Lo que es aún más notable es el grado de encefalización de nuestro ancestro más cercano, el *H. erectus*, el cual no era apreciablemente superior al de algunos delfines.

La contribución de Lori Marino es notable, ya que debemos considerar por lo menos la evolución presente o antigua (cf., Sec. 5) de civilizaciones. Ello pudo haber sucedido en exoplanetas con ambientes terrestres, como en la Tierra, o más bien en ambientes acuáticos en exoplanetas o exolunas, como en un hipotético caso de microorganismos en Europa, el satélite de Júpiter.¹

2. LA EVOLUCIÓN CONVERGENTE: BASES PARA UN NUEVO PARADIGMA

Un aspecto del darwinismo del cual su autor ya era consciente es todavía descrito por los científicos de la vida con profunda convicción. Con algunos ejemplos podemos aclarar nuestras ideas. En el filo de los moluscos, tanto las conchas del caracol camélido de Filipinas, como las de un caracol de la familia *helminthoglyptidae* de Cuba, se asemejan a las de los miembros de los caracoles de la familia *Helicidae* europeos (Tucker Abbott, 1989; Chela-Flores, 2008). Estas especies distantes (se encuentran agrupadas en diferentes familias), a pesar de tener anatomías internas completamente diferentes, han llegado a parecerse exteriormente entre sí tras generaciones de adaptación a su entorno. A pesar de la considerable diversidad anatómica, los moluscos de estas familias distantes han tendido a asemejarse en una característica biológica particular, a saber, su concha calcárea externa.

La cuestión de si nuestra inteligencia es irrepetible va más allá de la biología y de los factores geológicos mencionados en la metáfora relativa a la repetición de la historia de la evolución -si el reloj de la evolución comenzara de nuevo, emergerían los seres multicelulares, pero no los seres humanos (Gould, 1989). De hecho, la cuestión es más bien del dominio de las ciencias del espacio, en particular, la cuestión de si estamos solos en el cosmos concierne a las medidas astrométricas de búsqueda de exoplanetas o exolunas. La presencia de más de un millar de planetas en la proximidad

¹ Por simplicidad llamaremos "exoplanetas" a todos los planetas que yacen situados fuera del Sistema Solar para no crear confusión con los planetas dentro del Sistema Solar. De igual manera, llamaremos "exolunas" a todos los satélites de exoplanetas (Kipping, 2009 a, b; Kipping *et al.*, 2009; Chela-Flores, 2011)

cósmica del Sol habla en favor de la ubicuidad de la vida en el universo. Parece plausible que si en algún otro lugar de nuestra propia galaxia, o en otras, existiesen los entornos adecuados, algunos de los atributos biológicos del hombre puedan haberse repetido, sin duplicar precisamente su morfología.

El paradigma que estamos proponiendo en base a la biología, en vez de la radioastronomía, se fundamenta en la convergencia de la evolución que hemos ilustrado en esta sección. Ella nos obliga a cuestionar la búsqueda de otras civilizaciones basándonos en los tiempos en los cuales el proceso evolutivo ha sido posible dentro del contexto de la evolución del universo. Regresando al artículo de Frank Drake que hemos adoptado como guía de nuestros esfuerzos, y aceptando nuestra ignorancia, veamos algunas implicaciones inmediatas de si procedemos a remplazar (Drake, 2001):

"Los extraterrestres se comportarán como nosotros",
por

"Los extraterrestres evolucionarán como nosotros".

3. LA RELEVANCIA DE LA COSMOQUÍMICA

En astronomía decimos "metalicidad" cuando nos referimos a la abundancia relativa de elementos más pesados que el helio en una estrella: obsérvese que el término no está relacionado con el concepto común de un "metal", el cual más bien describe elementos químicos de alta densidad, los cuales son buenos conductores del calor y de la electricidad, siendo sólidos a temperaturas normales con la excepción del mercurio. Obsérvese que alrededor del 98% de toda la materia observable en el Universo está constituida de hidrógeno y helio (técnicamente se le llama materia bariónica para distinguirla de otras formas conjeturadas cuya presencia se detecta indirectamente). Los otros cinco elementos biogénicos C, N, O, S y P constituyen sólo el 1% de la materia cósmica. La abundancia de los elementos biogénicos sugiere que la mayor parte de las moléculas en el Universo son orgánicas. De hecho, la abundancia de las moléculas orgánicas supera 150 especies, ya sea por medio de la espectroscopía de microondas, o en el infrarrojo. Basta resaltar el hecho de que la referida abundancia es especialmente notable para las moléculas más complejas, es decir el 100% de las especies detectadas con seis o más átomos son orgánicas (Herbst and van Dishoeck, 2009). El punto relevante en el contexto de la evolución convergente de vida en el universo es la medición de la abundancia de los elementos pesados. Mientras que el hidrógeno y el helio constituyen aproximadamente el 74% y 24% respectivamente de toda la materia bariónica del universo, el elemento biogénico más relevante para la evolución de la vida es el carbono, el cual es mucho más abundante como acabamos de mencionar, por ejemplo en

comparación con el silicio (cf., McSween and Huss, 2010). Por consiguiente, en un proceso de evolución convergente es probable que el carbono sea un buen biomarcador de evolución independiente de la nuestra, desde microorganismos hasta seres inteligentes.

4. EL ORIGEN DE LA INTELIGENCIA

En nuestro mundo podemos distinguir una variedad de mentes. Este conocimiento nos puede orientar sobre las posibilidades que pudiésemos encontrar en nuestra búsqueda de comportamiento inteligente en el universo. Ya tenemos cierta experiencia buscando correlaciones entre evolución de cerebros y ecosistemas. Con tal información podemos anticipar los ambientes favorables a la evolución de cerebros (Marino, 2010). A medida que la búsqueda de exoplanetas y exolunas progrese, con propiedades geológicas discernibles, mayor será la relevancia de nuestra información dentro de nuestro Sistema Solar para tener mejores intuiciones de la posible evolución de inteligencia en otros mundos.

La convergencia en la evolución y la cosmoquímica imponen vínculos restrictivos al origen de la vida. Los valores de la metalicidad (especialmente en lo que concierne a la abundancia cósmica del carbono), sugieren que la información que hemos obtenido en la biota terrestre sería relevante para la evolución de la vida en el cosmos, incluyendo la emergencia de seres inteligentes en exoplanetas o exolunas.

5. LA ANTIGÜEDAD DE LA VIDA EN EL UNIVERSO: UNA “ESFERA DE OBSERVACIÓN”

Un tema aún no resuelto es cuándo la vida en el universo surgió por primera vez. Pero a partir de diversas líneas de investigación, podemos concluir que las condiciones de la Tierra primitiva no necesariamente fueron las primeras condiciones ambientales en las cuales fue posible en el cosmos la fundamental transición de la evolución química a la evolución biológica (Norris, 2000; Tarter, 2000). La *Wilkinson Microwave Anisotropy Probe* (WMAP) es una sonda de la NASA cuya misión fue estudiar el cielo para poder medir pequeñas diferencias de temperatura observadas en la radiación de fondo de microondas. De acuerdo con las mediciones de WMAP podemos concluir que la edad del universo es de 13.7 millardos de años, Ga (Freedman and Madore, 2010).

Las primeras estrellas similares al Sol habrían surgido un millón de años más tarde, o sea, hace 12.7 Ga, aunque ya sabemos que en nuestra galaxia se encuentran estrellas de una antigüedad casi comparable a la edad misma del universo, o sea estrellas de 13.2 Ga. Nos referimos a una gigante roja de la Vía Láctea: HE 1523-0901 (del catálogo "Hamburg/ESO Survey"). Este astro es la

estrella más antigua del universo, la cual fue descubierta en 2007. Se encuentra ubicada a sólo 7.500 años luz de la Tierra (Frebel *et al.*, 2007).

Para que fuese posible la formación de planetas rocosos ya en este período se habrían formado suficientes elementos pesados generados en el interior de las estrellas en el proceso inicialmente estudiado por Hans Bethe (Delsemme, 1998, p. 71; Larson y Bromm, 2004). En un detallado cálculo, Lineweaver estima que la antigüedad media de planetas similares a la Tierra es de 1.8 ± 0.9 Ga. Si en esos ambientes existiese vida inteligente, ésta sería más antigua que la Tierra en aproximadamente unos 2 Ga, coincidiendo con la opinión ya mencionada de Norris y Tarter. Estos resultados podrían interpretarse como un límite de nuestro horizonte de observación, dentro del cual la detección de vida inteligente sería posible. Fuera de la esfera con centro en la Tierra y cuyo radio sea de longitud 2 Ga luz, la vida no pudo haber evolucionado hasta el comportamiento inteligente debido al vínculo que le impone el umbral de la necesaria metalicidad (definida en Sec. 3) para la formación de planetas rocosos.

Tomando como base la convergencia en la evolución de la vida, independientemente de las diferencias morfológicas que puedan presentar las diversas manifestaciones de vida en exoplanetas o exolunas, suponemos que ciertos principios serán fundamentales para el fenómeno de la vida. La teoría de Darwin de evolución por selección natural no podemos restringirla al fenómeno de la vida sobre nuestro planeta exclusivamente. El darwinismo en este sentido probablemente (y nosotros aceptamos esta hipótesis) es la teoría que explicaría el fenómeno de la vida bajo la hipótesis de la *universalidad* de la biología (Dawkins, 1983). En la próxima sección reconsideraremos y resaltaremos el amplio tiempo disponible para que organismos evolucionen en el cosmos, que es mucho mayor que el empleado por la biología terrestre para la evolución desde bacterias hasta los seres humanos.

6. LA PARADOJA DE FERMI DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL NUEVO PARADIGMA

Tomemos de nuevo algunas ideas de la Sección 3. Entre las hipótesis más razonables en la determinación de la antigüedad de la posible presencia de inteligencia en el universo podríamos sugerir:

1. La frecuencia de las supernovas, que dispersan los elementos químicos en el espacio interestelar.
2. Los eventos explosivos de estallidos de rayos gamma de altas energías.

Sin embargo, compartimos la opinión de ambos autores, Lineweaver y Norris, en que los dos puntos (1 y 2) no son tan significativos como un estudio cuidadoso de la evolución de la metalicidad en el universo. Tomemos de nuevo

el caso de nuestra galaxia. Del estudio de Lineweaver (2001) se desprende que planetas de tipo terrestre en el universo tienen una antigüedad mayor que la Tierra en unos 2 Ga. Por consiguiente, si la vida hubiese evolucionado en algunos mundos similares a la Tierra, en principio la vida tendría unos 2 Ga de tiempo adicional (salvo la casual posibilidad de extinción), en comparación con el tiempo durante el cual la vida ha evolucionado en nuestro planeta. Este resultado es compatible con el cálculo en el cual la historia cósmica de la producción de carbono implicaría que las civilizaciones emergerían sólo cuando el universo es ≥ 10 Ga (Livio, 1999).

Una manera de racionalizar la Paradoja de Fermi es suponer que entre todos los planetas habitables de nuestra galaxia, los que residen en nuestra vecindad han podido sufrir el efecto destructivo de (1 y 2). Pero recordemos que la extensión de nuestra galaxia es menor de 100.000 años luz. Sin embargo, la fracción de nuestro universo donde podremos ubicar manifestaciones de vida inteligente anterior a la nuestra podría estar restringida dentro de una esfera entorno a nosotros de radio de magnitud enormemente mayor (es decir, de unos 2 Ga luz, cf., Sec. 5). En nuestro minúsculo entorno cósmico de menos de 300 años luz es donde hasta ahora hemos concentrado nuestros esfuerzos con la Misión Kepler (Fridlund *et al.*, 2010). En el caso de SETI nuestro entorno cósmico es mayor: para 2020 se espera poder explorar la población local de nuestra galaxia hasta aproximadamente el triple del rango de la Misión Kepler, unos 1000 años luz (Ekers *et al.*, 2002).

En resumen, el no haber tenido éxito hasta el presente con SETI en nuestra limitada vecindad puede ser debido, por lo menos, a los efectos de (1 y 2) sobre potenciales sedes de civilizaciones. Pero podemos racionalizar la Paradoja de Fermi dentro de un posible marco mucho mayor, o sea dentro de la enorme "esfera de la inteligencia" descrita en la Sec. 5. No podemos excluir la presencia de civilizaciones en este mayor sector del cosmos, el cual todavía no ha estado cubierto por búsquedas detalladas por sondas espaciales o por la radioastronomía. Por consiguiente, no podemos excluir que la evolución hacia la inteligencia en el universo haya podido sobrevivir y desarrollarse hasta un nivel tecnológico eventualmente detectable con las diversas técnicas de la astronomía en los diversos segmentos del espectro electromagnético (radio astronomía, astronomía UV, infrarroja y visible).

7. AGRADECIMIENTO

El autor desea agradecer la generosa contribución del Dr. Roberto Aretxaga Burgos para mejorar no sólo el estilo del trabajo, sino también por sus diversos pertinentes comentarios sobre su contenido científico.

8. BIBLIOGRAFÍA

Chela-Flores, (2008) Los fundamentos físicos y biológicos de la búsqueda de vida en el universo. En: *Vida en el universo Del Mito a la Ciencia*. Ricardo Campo (ed.) Biblioteca Camille Flammarion, ISBN: 978-84-612-8092-6 (2008). pp. 164-175.

Chela-Flores, J. (2011) *The Science of Astrobiology* (Second Edition). The book series: Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology, Springer: Dordrecht, The Netherlands, 360 pp., capítulo 10: How different would life be elsewhere? pp. 194-199. <http://www.ictp.it/~chelaf/ss220.html>.

Conway-Morris, S. (1998) *The crucible of creation*. Oxford University Press.

Conway-Morris, S. (2003) *Life's Solution Inevitable Humans in a Lonely Universe*. Cambridge University Press.

Darwin, C. (1859) *The origin of species by means of natural selection or the preservation of favored races in the struggle for life*. London, John Murray. Reprinted by Oxford World's Classics (1998), Oxford University Press.

Dawkins, R. (1983) Universal Darwinism. En: *Evolution from molecules to men*. D. S. Bendall (ed.) Cambridge University Press, capítulo 20, pp. 403-425.

De Duve, C. (1995) *Vital Dust. Life as a Cosmic Imperative*, Basic Books, New York, pp. 294-296.

Delsemme, A. (1998) *Our Cosmic Origins*. Cambridge University Press, New York.

Dewey, J. (1909) *The influence of Darwin on philosophy and other essays in Contemporary Thought*. Peter Smith, New York (1951). pp. 1-19.

Drake, F. (2001) New Paradigms for SETI. En: *First Steps in the Origin of Life in the Universe*, J. Chela-Flores, F. Raulin and T. Owen (eds.) Kluwer Academic Publishers, The Netherlands. pp. 395-398.

Ekers, R., Kent Cullers, D., Billingham, J., and Scheffer, L. K. eds. (2002). *SETI 2020 A Roadmap for the Search for Extraterrestrial Intelligence*. SETI Press: Mountain View CA, p. 242.

Frebel, A., Christlieb, N., Norris, J. E., Thom, C., Beers, T. C. and Rhee, J. (2007) Discovery of HE 1523-0901, a Strongly r-Process Enhanced Metal-Poor Star with Detected Uranium. *Ap. J.* 660 L117 doi: 10.1086/518122

Freedman, W. L. and Madore, B. F. (2010) The Hubble Constant. *Annu. Rev. Astro. Astrophys.* 48, 673-710.

Fridlund, M., Eiroa, C., Henning, T., Herbst, T., Kaltenegger, L., Léger, A., Liseau, R., Lammer, H., Selsis, F., Beichman, C., Danchi, W., Lunine, J., Paresce, F., Penny, A., Quirrenbach, A., Röttgering, H., Schneider, J., Stam, D., Tinetti, G. and White, G.J. (2010) A roadmap for the detection and characterization of other Earths. *Astrobiology* 10:113–119.

Gould, S. J. (1989) *Wonderful Life: The Burgess Shale and the Nature of History*. New York, W. W. Norton, 347 pp.

Herbst, E. and van Dishoeck, E. F. (2009) *Annu. Rev. Astron. Astrophys.* 47, 427–480.

Kipping, D., Fossey, S. & Campanella, G. (2009) On the detectability of habitable exomoons with Kepler-class photometry. *MNRAS* 400, 398.

Kipping, D. (2009a) Transit timing effects due to an exomoon II. *MNRAS* 396, 1797.

Kipping, D. (2009b) Transit timing effects due to an exomoon. *MNRAS* 392, 181.

Larson R. B. and V. Bromm (2004) The First Stars in the Universe, *Scientific American* 285, 64-71.

Lineweaver, C. H. (2001) An Estimate of the Age Distribution of Terrestrial Planets in the Universe: Quantifying Metallicity as a Selection Effect. *Icarus* 151, 307–313.

Livio, M. (1999) How Rare are Extraterrestrial Civilizations and When Did they Emerge? *Ap. J.* 511, 429-431.

McSween Jr, H. Y., Huss, G. R. (2010) *Cosmochemistry*. Cambridge University Press. Table 4.1, pp. 92-93.

Marino, L. (1997a) Brain behavior relations in primates and cetaceans: implications for the ubiquity of factors leading to the evolution of complex intelligence. En: *Astronomical and Biochemical Origins and the Search for Life in the Universe*. Eds. C.B. Cosmovici, S. Bowyer and D. Werthimer (eds.) Editrice Compositori, Bologna, pp. 553-560.

Marino, L. (1997b) Our search for "Intelligent Life" Its evolution on Earth can inform the possibilities of its emergence elsewhere. *Bioastronomy News* 9, Number 3, pp.1-2.

Marino, L. (2000) *Turning the empirical corner on F_i : The probability of complex intelligence*. En *A New Era in Astronomy*. Lemarchand G. A. and Meech K. (eds.) ASP Conference Series, San Francisco, USA, 213, 431-435.

Marino, L. (2010) *Talking about Life Conversations on Astrobiology*. C. Impey (ed.) Cambridge University Press, Chapter 16, pp. 154-164.

Norris, R. P. (2000) How Old is ET. En: *When SETI Succeeds: The Impact of High-Information Contact*, Allen Tough, (ed.) Foundation for the Future, Bellevue, WA, pp. 103-105.

Tarter, J. (2000) Implications of Contact with ETI Far Older than Humankind. En: *When SETI Succeeds: The Impact of High-Information Contact*, A. Tough, (ed.) Foundation for the Future, Bellevue, WA, p. 45.

Tucker Abbott, R. (1989) *Compendium of Landshells*. Melbourne, Australia y Florida, USA. American Malacologist, pp. 7-8.