

A vida extraterrestre na revista “Investigación y Ciencia” 1976-2003

Armesto Ramón, Constantino

Centro Galego de Tecnificación Dva.

Introducción

Os dez artigos da revista “Investigación y Ciencia” de xaneiro de 2000 permítenos coñecer os tópicos que segundo os editores serán a vangardia da ciencia no século XXI. A saber: A ciencia do novo milenio. A unificación da física. Exploración do universo. O código da vida descifrado. Bases xenéticas e ambientais da conducta. Influencia do home sobre o clima. ¿Podemos retardalo avellentamento?. Creación cerebral da mente ¿Existe vida en outro lugar do universo? O apoxeo dos robots. Fixarémonos nun deles.

Metodoloxía e recursos

1º Antes de investiga-lo fenómeno da existencia da vida extraterrestre preguntámonos se é posible. Para responde-la pregunta temos que data-lo momento no que orixinouse a vida e averigua-lo intervalo de tempo que tardou en formarse, para precisa-las condicións ambientais imperantes no planeta e a súa duración. A contestación condúcenos ós problemas da orixe da vida e da orixe da Terra.

2º Nos preguntamos, a continuación, onde busca-la vida. Obviamente, onde no presente existan unhas condicións similares ás da Terra primitiva, ou no pasado déronse esas condicións e no presente outras, pero compatibles coa existencia da vida. A contestación condúcenos á construción dun catálogo de planetas e corpos planetarios solares e extrasolares e a identificación dos hábitats nos que é posible que a vida se conserve.

3º Temos que saber que hai buscar: debemos defini-la vida para coñecer se os resultados das medidas que fagamos dos distintos corpos planetarios cumpren ou non as condicións da definición.

4º Vamos a estudia-la evolución dos coñecementos destes problemas na revista *Investigación y Ciencia* desde outubro de 1976 (nº 1) ata decembro de 2003 (nº 327). Seleccionamos 36 artigos

distribuídos da seguinte maneira: vida extraterrestre (8); planetas extrasolares (5); orixe da Terra (6); orixe da vida (17).

Vida extraterrestre

1º Evolución cronolóxica dos coñecementos

O primeiro artigo, do ano 1978, refírese a Marte; e dun xeito contundente demostra que non detectouse vida no planeta. Hai un silencio de deceseis anos ata o 1994, ano no que Sagan constata o fracaso na búsqueda de vida extraterrestre despois de explorar setenta astros; aínda así, o autor considera probable que existiu vida marciana no pasado. No período 1998 a 2001 acumúlanse cinco artigos: no 1998 coméntase o achado do posible rexistro fósil nun meteorito marciano. No 1999 plantéase como probable que a vida primitiva vivira preto dos volcáns submarinos e que, se cadra, naceu alí, o que significa que debemos busca-la en máis sitios; tamén contéplase a posibilidade de Europa (satélite de Júpiter) como lugar onde podería existir vida, e o que aínda é máis estrano, no pasado de Venus. Tarter e Chyba, no 2000, plantexan que os planetas interiores quizais non estiveron illados entre sí e que a vida pode viaxar dun planeta a outro. Zorpette, no mesmo ano, considera como argumento importante para que os humanos visiten Marte a búsqueda de vida, actual ou fósil. No último artigo, no 2001, négase que a vida sexa abundante senón máis ben escasa; basa a argumentación en que os lugares que reúnen as condicións nas que se podería formar son moito menos abundantes do que se cría: a medida que aumentan os nosos coñecementos sobre o universo parece que os planetas, as estrelas e as galaxias hospitalarias son moito máis raras do que se esperaba. O artigo do ano 2003 infórmanos dos astros onde atopouse auga: Marte, Europa e quizais a Lúa.

2º Estado da cuestión

Antes de analiza-los diferentes lugares do sistema solar como posibles portadores de seres vivos debemos facer algunhas aclaracións. Utilizamo-la seguinte definición instrumental de ser vivo: un sistema aberto, construído cun armazón de átomos de carbono, que teñe metabolismo; tendo presente a definición, establecemos como hipótese que tres condicións son necesarias, pero non suficientes, para a

existencia da vida: 1º a presenza de auga líquida durante períodos xeolóxicos, 2º a presenza de moléculas orgánicas, e 3º a accesibilidade dunha fonte de enerxía. A ausencia delas indúcenos a pronostica-la ausencia de vida, tal como a imaxinamos.

* Marte. Do análise dos datos enviados polos dous vehículos Viking, no ano 1976, podemos concluir que non existe auga líquida nin moléculas orgánicas na superficie marciana, e en consecuencia non pode existir vida bacteriana. Coleximos dos accidentes xeolóxicos marcianos que debeu existir auga líquida no pasado. (En xaneiro deste ano, 2004, o vehículo da axencia espacial europea Mars Express detectou, por primeira vez, auga en Marte). ¿Puido existir vida no pasado? só indo alí e analizando as rochas e os diferentes posibles nichos ecolóxicos: as fontes termais, fumarolas hidrotermais ou a posible auga subterránea, o saberemos. Temos un indicio: o análise do meteorito ALH84001 parece amosar sinais dun pasado acuoso: carbonatos, hidratos, arxilas ou sulfatos que só poden formarse cando a auga entra en contacto coas rochas; e tamén subproductos moleculares como os hidrocarburos aromáticos policíclicos procedentes da descomposición de organismos. Aínda que se discute a validez destas sinais, porque atopouse contaminación de aminoácidos terrestres, non poden ser ignoradas.

* Europa. Unha capa de xeo, de entre 150 e 300 kilómetros, cubre a súa superficie. Se existe auga líquida (existen probas indirectas) entre a superficie rochosa e a capa de xeo, o vulcanismo crearía unha fonte de enerxía para soste-la vida.

* Titán. Na atmósfera deste satélite achamos unha química orgánica semellante á que puido existir nos primeiros tempos da Terra: unha conversión de metano en compostos orgánicos complexos.

* Venus. Cabe pensar que fai 4 000 millóns de anos, cunha menor actividade solar, Venus podería ter un clima non descontrolado, sendo a temperatura na súa superficie uns 100 °. Entra no posible que Venus coñecera a vida nese período e que se esterilizase despois.

* Calixto. Tarter e Chyba declaran que existen indicios para pensar nun mar subsuperficial.

* Cometas, asteroides e po interestelar. Aínda que conteñen materia orgánica, é improbable que sexan un lugar para o inicio da vida polo continuo bombardeo dos raios ultravioleta e cósmicos.

3º ¿A vida é un suceso raro ou frecuente no universo? Resulta que non tódalas estrelas nin tódolos planetas, nin tódalas galaxias son aptas para sustenta-la vida; parece que a maior parte do sistema solar, da nosa galaxia e do universo resulta hostil.

4º ¿Existen medidas instrumentais que podemos facer, sen necesidade de chegar á superficie dun astro, que nos permitan deduci-la existencia de vida? Sagan propón medidas espectroscópicas.

5º ¿Existe vida extraterrestre? Nada do descuberto ata agora indúcenos a pensar que achouse algún indicio de vida no presente.

6º ¿Existiu vida extraterrestre? Hai indicios, discutidos aínda (meteorito ALH84001), da existencia de bacterias marcianas no pasado.

7º Con independencia das especulacións sobre a maior o menor abundancia de vida no universo aumenta o número de lugares onde é posible achala: Marte, Europa. E también aumenta o número de lugares que se poden descartar: planetas xigantes gaseosos, Lúa, Mercurio, Io, etc. .

Planetas extrasolares

1º. ¿O noso sistema solar é típico ou excepcional? Ignorámolo; pero sabemos como averigualo. Debemos elaborar un catálogo de sistemas planetarios extrasolares: no ano 1977, só pódese asegurar, e para iso extrapolando datos, que o 20 % das estrelas teñen planetas; no ano 1991 aínda non se está seguro de atopar un planeta extrasolar; no ano 2003 acháronse máis de 100 planetas en órbita arredor de estrelas.

2º. ¿Reunen os planetas extrasolares condicións necesarias para a existencia de vida? Ignorámolo; pero sabemos como averigualo. Debemos construír telescopios que nos permitan facer medicións inequívocas (señal do dióxido de carbono, da auga e do ozono).

3º Descubríronse planetas extrasolares que non están ligados a estrela algunha. O descubrimento nos indica que no cosmos aparecen obxectos de tódolos tamaños e, ademáis, pódenos axudar a identifica-la masa escura da nosa galaxia.

Orixe da Terra

1º Evolución cronolóxica dos coñecementos

O artigo do ano 1978 infórmanos de que temos indicios experimentais para inferir que, a menos de sesenta millóns de anos luz da nube protosolar, explotou unha supernova, e que a súa onda de choque comprimiu e provocou o colapso da nube de gas e po que se converteu no sistema solar. O artigo do ano 1981 infórmanos de que as simulacións con ordenador amosan que, en cen millóns de anos, a Terra formouse a partir dos planetesimais. O artigo do ano 1988 infórmanos que a historia da Lúa é diferente á que se cría: non sempre foi un corpo morto. No artigo de 1994, Jacques Laskar amosa que o movemento orbital dos catro planetas interiores é caótico. En modelos de ordenador demostrou que a Terra, sen a Lúa, tería unhas variacións de oblicuidade entre 0º e 85º que alterarían totalmente o clima. A Lúa actúa, por tanto, como un regulador climático da Terra. A evolución da vida está ligada a un suceso improbable: que un planeta, que se atopa na zona de habitabilidade dunha estrela, estabilice as súas variacións de insolación a longo prazo, gracias a un satélite de gran masa. O outro artigo do ano 1994 incide nos coñecementos que sobre a Lúa nos legaron as misións Apolo: a idade da Lúa e as fases da súa evolución; unha delas, a creación de cráteres de impacto, proporciónanos información sobre a frecuencia e intensidade dos acontecementos catastróficos que debeu sufrir-la Terra no pasado; podemos deducir que houbo varios episodios de esterilización antes de que o ritmo dos impactos decaíse, fai uns 3800 millóns de anos: supoñemos que a partir dese momento foi posible a existencia de vida. O último artigo, no 2003, apórtanos probas que nos confirman a existencia dos primitivos planetesimais que formaron a noso planeta.

2º ¿A vida é un suceso raro ou abundante?

A demostración de que a Lúa estabiliza as variacións climáticas da Terra suxírenos que, se ben non debe repercutir na posible existencia de vida sinxela (bacteriana), a evolución da vida complexa é un suceso moito máis raro do que se pensaba, porque precisa dun planeta que teña un gran satélite que garantice un clima máis ou menos estable no que os organismos primitivos podan evolucionar a outros máis complexos, o que diminúe en varios órdes de magnitude o número de posibles candidatos.

3º O coñecemento e datación das fases da evolución da Lúa nos permiten establecer con máis precisión o tempo que tardou a vida en colonizar á Terra (os grandes impactos meteoríticos esterilizan o planeta) o que nos informa sobre a facilidade do seu comezo.

Orixe da vida

1º Evolución cronolóxica dos coñecementos

No ano 1978 pode lerse: “Mil millóns de anos despois da formación do noso planeta, apareceu nel, nalgún momento, un tipo de forma viviente primitiva ... o paso da materia orgánica non biolóxica á vida foi máis fácil do que un podería imaxinar e máis difícil, en cambio, o tránsito das bacterias unicelulares ata os organismos pluricelulares.” Vintecinco anos máis tarde pensamos o mesmo, aínda que, se cadra, con máis contundencia, pois cremos que o paso da materia orgánica á vida probablemente foi cinco ou dez veces máis rápido. No ano 1978 aínda críase que “É posible que o ADN fora o máis primitivo de ámbolos dous polímeros [ARN o ADN] almacenadores de información”. Só tres anos despois 1981 (xuño) pode lerse: Os primeiros xenes deberon ser moléculas de ARN, porque só podían evolucionar moléculas autorreplicables capaces de conservar información: debeu de existir un mundo de ARN. No ano, 1981 (decembro), considérase como feito experimental que fai 3500 millóns de anos que existen seres vivos, e que será difícil atopar probas que confirmen sen discusión a existencia de seres vivos anteriores. No 1983 considérase que en tódolos lugares da superficie terrestre poderían existir seres vivos; e que fai 3800 millóns de anos existían, por primeira vez, condicións xeolóxicas na Terra para a existencia da vida, atópanse indicios ou non dela. En 1985 (agosto) plantéxase a posibilidade de que o primeiro material xenético podería ser xeoquímico, concretamente,

unha arxila. En 1985 (dicembro) infórmase de que as bacterias poderían estar en certo senso máis evolucionadas do que se pensaba (o ADN das células eucariotas parécese máis ó da célula orixinal que o das bacterias). No ano 1987, vólvese a informar de que o ARN é autocatalítico, e que a vida puido existir sen ADN nin proteínas. No ano 1990 infórmase sobre unha posible explicación da quiralidade das biomoléculas; dende a creación da teoría electrodébil dispoñemos dunha teoría para explica-la preponderancia dun enantiómero sobre outro, aínda que non sabemos como puido afectar á orixe da vida, nin en que momento. No ano 1991, faise un resumo dos coñecementos que se teñen sobre o tema; contémpase un posible cambio de paradigma: o lugar da orixe da vida pasaría das charcas ás chemineas submarinas; as condicións da atmósfera primitiva crese son distintas. Existiu un mundo primixenio de ARN, e, se cadra, un anterior xeoquímico. No espacio poden sintetizarse biomoléculas, os planetas non son estancos: as bacterias poderían saltar dun planeta a outro. No ano 1993 infórmase dos ensaios sobre evolución por selección de moléculas de ARN en laboratorio. No 1994 (septembro) infórmase sobre a estrutura de moléculas sintéticas que poden autorreplicarse. No mesmo ano 1994 (decembro) plantéxase unha interesante hipótese: a evolución biolóxica non é predecible, é un produto do azar. No mesmo ano (e tamén en decembro) volve a plantexarse a existencia do mundo de ARN e os problemas que leva aparelada a síntese prebiótica do ARN: ante as dificultades plantéxase de novo a posibilidade dun material xeoquímico anterior ós materiais biolóxico. En 1996 e 2000 infórmase sobre a evolución das primeiras células; pero non sobre a súa aparición. No ano 2001, plantéxase a importancia que adquiriron os minerais para o estudo da orixe da vida: a abundancia das moléculas orgánicas que se produciron foi moi superior ás que a vida podía empregar: os minerais seleccionaron as que serían os primeiros autorreplicantes. No ano 2003, analízanse as bioseñais que nos permiten datar con precisión o comezo dos seres vivos no noso planeta.

2º Considerando que se atoparon bacterias nos lugares máis insospeitados da Terra e que a vida tardou pouco en aparecer no noso planeta, concluímos que é posible que a vida puidera orixinarse en moitos lugares do universo e que poidan existir bacterias noutros lugares do sistema solar.

3º Tódala búsqueda de vida extraterrestre oríéntase cara a detección de vida bacteriana. Dispoñemos de hipóteses máis ou menos válidas dos pasos naturais que poden converter moléculas en macromoléculas; pero por agora, non dispoñemos de ningunha teoría que nos permita vislumbrar, sequera aproximadamente, a conversión dunha biomolécula ou un conxunto delas nunha bacteria.

4º Unha molécula de ARN supón unha tecnoloxía moi refinada, pero os primeiros organismos deberon ser máquinas de baixa e non de alta tecnoloxía; deberían estar feitos con compoñentes distintos dos actuai e máis sinxelos. Cabe esperar que as moléculas orgánicas sexan óptimas para a vida, pero tamén podemos esperar que o óptimo sexa un produto da evolución e a forma máis sinxela de autoensamblaxe é a cristalización espontánea, o que lévanos a que o material xenético original podería ser xeoquímico, como a arxila ou a piritita, que máis adiante sería substituído por un orgánico.

5º Aínda que na Terra resulta difícil atopar rexistros claros de seres vivos antigos debido a que o movemento das placas tectónicas os destruíron, un análise pormenorizado das biosinais fainos concluir que debeu existir vida na Terra, fai 3700 millóns de anos.

6º Se existiu vida en Marte será máis fácil de atopar que na Terra, porque os seus rexistros fósiles non foron destruídos; cabe esperar que a superficie do planeta vermello permaneceu intacta excepto polos impactos meteoríticos, debido á probable ausencia dunha tectónica de placas.

7º Reflexión sobre as hipóteses de Gould

¿É a vida un suceso inevitable? Ou é un produto do azar e, polo tanto, podería non existir. ¿Que datos dispoñemos? A vida na Terra (ó menos na forma de bacterias), polo que sabemos, só necesitou 100 millóns de anos para establecerse no planeta. ¿Que condicións cremos foron necesarias? Existencia de moléculas orgánicas que sabemos son abundantes na galaxia; auga líquida, e, durante certo intervalo de tempo, ausencia de catástrofes cósmicas (en forma de choques de meteoritos) que esterilicen o planeta. Con esta hipótese debemos achar bacterias fósiles en Marte, se cadra, noutros astros do sistema solar, e tamén en outros planetas de outras estrelas: e senón as achamos a hipótese

será falsa, e se nos escaparía algunha das condicións necesarias para a existencia da vida. Por todo iso, cremos probable a existencia de vida na súa forma bacteriana en lugares diferentes á Terra.

Gould suxire que a aparición da complexidade (ou da intelixencia) non é un suceso inevitable e cuestión de tempo. ¿Que datos dispoñemos? Mentres que con só 100 millóns de anos creouse unha bacteria, necesitáronse máis de 3000 millones de anos (iso indica o rexistro fósil) para aparece-la multicelularidade; non podemos negala obviedade da conclusión: parece moito máis difícil a evolución dunha molécula orgánica a unha bacteria que ésta se convirta nun ser pluricelular. Aparentemente, a formación de seres pluricelulares pode estar condicionada pola existencia dun clima estable, que depende da estabilidade do movemento planetario, que é un fenómeno caótico, é que necesita dun gran satélite para estabilizarse. E a existencia dun satélite como a Lúa ó lado dun planeta semellante á Terra non é un fenómeno inevitable, parece que senón imposible, polo menos trátase dun suceso raro que non ten por que suceder moitas veces na nosa galaxia. Concluimos, polo tanto, que a vida pluricelular é un suceso improbable. É posible, despois de todo, que os humanos estemos solos na galaxia.

Conclusiones

1º Identificouse, con máis ou menos seguridade, o intervalo (só cen millóns de anos) que vai desde a existencia de condicións xeolóxicas que permitiron a habitabilidade da Terra ata a aparición das primeiras bacterias.

2º A ubicuidade das bacterias é moi superior á que se pensaba: atopáronse bacterias practicamente en tódolos hábitats da superficie da Terra, por moi extremos que sexan.

3º É posible, e se cadra probable, que exista vida fósil bacteriana no sistema solar, concretamente, en Marte.

4º En case tódolos astros do sistema solar (pero non en todos aínda, exceptuamos Marte, Europa e quizais algún máis) podemos garantir que non existen condicións ambientais para que poda existi-la vida bacteriana.

5º Mentres non haxa un catálogo completo dos planetas extrasolares (xa iniciouse e aínda se está facendo) e un estudio da súa habitabilidade (as sinais do dióxido de carbono, auga e ozono contéplanse como posibilidade) non poderemos afirmar nada sobre a abundancia de planetas habitables por bacterias.

6º É posible que a vida bacteriana puidera orixinarse nun planeta (Terra, Marte, se cadra Venus) e despois saltar nun meteorito e establecerse en outro.

7º Nas orixes da vida, probablemente, existiu un mundo de ARN.

8º É posible que o primeiro material xenético non fose orgánico senón xeoquímico (arxila ou piritita) que posteriormente evolucionou. En todo caso, os minerais tiveron un papel principal na selección das biomoléculas primordiais.

9º Atopouse, basándose na teoría electrodébil, unha posible explicación da disimetría das biomoléculas.

10º A comprobación de que a Lúa estabiliza o clima da Terra e o feito de que é moito máis difícil formar vida puricelular que bacteriana, condúcenos a pensar que é improbable que exista vida pluricelular, é polo tanto intelixencia, na nosa galaxia.

Bibliografía

Abt, Helmut A.: “Los acompañantes de las estrellas de tipo solar”. *Investigación y Ciencia*, nº 009 junio 1977.

Angel, J.R.P. y Woolf, N.J.: “La búsqueda de vida en otros planetas”. *Investigación y Ciencia*, nº 237 junio 1996.

Black, D.C.: “Mundos en torno a otras estrellas”. *Investigación y Ciencia*, nº 174 marzo 1991.

Cairns-Smith, A.: “Los primeros organismos”. *Investigación y Ciencia*, nº107 agosto 1985.

Cech, Thomas R.: “Función enzimática del ARN”. *Investigación y Ciencia*, nº 124 enero 1987.

Cloud, Preston: “La biosfera”. *Investigación y Ciencia*, nº 86 noviembre 1983.

Darnell, James E. Jr.: ARN. *Investigación y Ciencia*, nº 111 diciembre, 1985.

- De Duve, Christian.: “El origen de las células eucariotas”. *Investigación y Ciencia*, nº 237 junio 1996.
- Dickerson, Richard E.: “La evolución química y el origen de la vida”. *Investigación y Ciencia*, nº 26 noviembre 1978.
- Doyle, L.R.; Deeg, HJ. y Brown, T.M.: “Sombras de otras Tierras”. *Investigación y Ciencia*, nº 290 noviembre 2000.
- Doolittle, W. Ford: “El nuevo árbol de la vida”. *Investigación y Ciencia*, nº 283 abril 2000.
- Eigen, M.; Gardiner, W.; Schuster, P. y Winkler-Oswatitsch, R.: “Origen de la información genética”. *Investigación y Ciencia*, nº 57 junio 1981.
- Gibson, E.K. Jr.; McKay, D.S.; Thomas-Keppta, K, y Romanek, C.: “¿Hay vida en Marte?”. *Investigación y Ciencia*, nº 257, febrero 1998.
- González, G., Brownlee, D. y Ward, P.: “La vida en el universo”. *Investigación y Ciencia*, nº 303 diciembre 2001.
- Gould, Stephen Jay : “La evolución de la vida en la Tierra”. *Investigación y Ciencia*, nº 219 diciembre, 1994.
- Groves, D.I.; Dunlop, J.S.R. y Buick, R.: “Un hábitat de vida primitivo”. *Investigación y Ciencia*, nº 63 diciembre 1981.
- Hazen, Robert M.: “Origen mineral de la vida”. *Investigación y Ciencia*, nº 297 junio 2001.
- Hegstrom, R.A. y Kondepudi, D.K.: “La quiralidad del universo”. *Investigación y Ciencia*, nº 162 marzo 1990.
- Horgan, John: “En el principio . . .”. *Investigación y Ciencia*, nº 175 abril 1991.
- Horowitz, Norman H.: “La búsqueda de vida en Marte”. *Investigación y Ciencia*, nº 016, enero 1978.
- Hurley, J.R. y Shara, M.M.: “Planetas libres y cúmulos estelares”. *Investigación y Ciencia*, nº 320 mayo 2003.
- Jakosky, Bruce M.: “Búsqueda de vida en el sistema solar”. *Investigación y Ciencia*, nº 271, abril 1999.

Jeffrey Taylor, G.: “El legado científico del proyecto Apolo”. *Investigación y Ciencia*, nº 216 septiembre 1994.

Joyce, Gerald F.: “Evolución molecular dirigida”. *Investigación y Ciencia*, nº 197 febrero 1993.

Laskar, J.: “La Luna y el origen del hombre”. *Investigación y Ciencia*, nº 214 julio 1994.

Orgel, Leslie E.: “Origen de la vida sobre la Tierra”. *Investigación y Ciencia*, nº 219 diciembre 1994.

Rebek, Julius Jr.: “Moléculas sintéticas autorreplicantes”. *Investigación y Ciencia*, nº 216 septiembre 1994.

Rodríguez, L. y Gómez, Y.: “Agua en el cosmos”. ”. *Investigación y Ciencia*, nº 326 noviembre 2003.

Runcorn, S.K.: “Paleomagnetismo lunar”. *Investigación y Ciencia*, nº 137 febrero 1988.

Sagan, Carl: “La búsqueda de vida extraterrestre”. *Investigación y Ciencia*, nº 219, diciembre 1994.

Schramm, D.N. y Clayton, R.N.: “¿Desencadenó una supernova la formación del sistema solar?”. *Investigación y Ciencia*, nº 027 diciembre 1978.

Simpson, Sarah: “Las primera formas de vida a debate”. *Investigación y Ciencia*, nº 321 junio 2003.

Tarter, J.C. y Chyba, C.F.: “¿Existe vida en otro lugar del universo?”. *Investigación y Ciencia*, nº 280, enero 2000.

Trieloff, M. y Althaus, T.: “De las profundidades de la tierra a las profundidades del sistema solar”. *Investigación y Ciencia*, nº 316 enero 2003.

Wetherill, George W.: “Formación de la Tierra a partir de planetesimales”. *Investigación y Ciencia*, nº 059 agosto 1981.

Zorpette, Glenn: “¿Para qué ir a Marte?” *Investigación y Ciencia*, nº 284 mayo 2000.