



# Mitos modernos acerca de la vida en Marte

por



**Gilbert V. Levin\***

BioSpherix Division, Spherix Incorporated, Annapolis, MD 21401, EE.UU.

Contacto: [glevin@spherix.com](mailto:glevin@spherix.com); teléfono 410-224-3319; facsímil 410-224-3010

*Electroneurobiología* 2006; **14** (5), pp. 27-52; URL  
<<http://electroneubio.secyt.gov.ar/index2.htm>>

Copyright © November 2006 *Electroneurobiología*. Este texto es un artículo de acceso público; su copia exacta y redistribución por cualquier medio están permitidas bajo la condición de conservar esta noticia y la referencia completa a su publicación incluyendo la URL (ver arriba). / This is an Open Access article: verbatim copying and redistribution of this article are permitted in all media for any purpose, provided this notice is preserved along with the article's full citation and URL (above).

## Índice

1. **Introducción**
2. **El modelo tradicional**
3. **El experimento de liberación marcada de la sonda Viking**
4. **Génesis del experimento de liberación marcada**
5. **La liberación marcada llevada a cabo en Marte**
6. **El modelo tradicional: objeciones y réplicas**
7. **La situación actual**
8. **Futuros experimentos para la detección de vida**
9. **Recomendaciones**

---

\* Este trabajo constituyó la contribución del Dr. Levin al 2006 *International Symposium on Optical Science and Technology* de la *Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers* (SPIE), cuya versión original apareció como "Modern myths of Mars" in *Instruments, Methods, and Missions for Astrobiology IX: Proceedings of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE)*, vol. 6309, 63090C (2006). Recibido el 19/11/2006.

**SUMARIO:** El 30 de julio de 2006 se cumplió el trigésimo aniversario del primer experimento de liberación marcada para la detección de vida en Marte, llevado a cabo por la misión Viking. La potente respuesta obtenida, junto a resultados concordantes de otros ocho ensayos adicionales de liberación marcada sobre suelo marciano, estableció la presencia de un agente activo que resultaba inhibido por el calentamiento. Los datos satisficieron los criterios previos a la misión para la detección de microorganismos vivientes. Sin embargo, la comunidad científica reaccionó con reserva, concluyendo en general que la actividad constatada en el suelo tuvo causa química o física.

En estas tres décadas la investigación de Marte progresó mucho. Se efectuaron análisis de suelo, rocas y atmósfera. Observaciones multiespectrales se llevaron a cabo desde orbitaciones marcianas y terrestres, así como con telescopios ubicados en nuestro planeta. El conocimiento de los habitats extremos en la Tierra y de las extravagantes formas de vida que aquí pululan aumentó de modo impresionante. Empero, esa vasta colecta de nueva información astrobiológica está aún por integrarse a una evaluación científica objetiva de los resultados de la liberación marcada en Marte y de las posibilidades de vida allí. En realidad, en parte debido a impropias interpretaciones de los nuevos hallazgos, algunos mitos han venido a incrustarse en la literatura científica sobre Marte.

Tomando a esos mitos como ingredientes clave, se ha desarrollado un equívoco "modelo tradicional" del potencial de vida marciano. Lo aceptó buena parte de la comunidad astrobiológica y, por vía de su endoso, también el ancho mundo. Este artículo procura presentar juntos los hechos sostenibles, buscando una revisión de ese consenso actual concerniente a la vida en Marte. Recomienda asimismo acciones para facilitar el cambio de modelo.

**Palabras clave:** Vida en Marte, astrobiología, habitats extremos, misión Viking, experimento de liberación marcada, ambiente marciano, agua en Marte.



## **1. INTRODUCCIÓN**

El 30 de julio de 2006 se cumplió el trigésimo aniversario del primer experimento en Marte, que la misión Viking llevara a cabo, de liberación marcada para la detección de vida. La vigorosa respuesta resultante estableció la presencia de agente(s) activo(s) en suelo marciano. Subsecuentes

repeticiones mostraron que la respuesta desde el suelo era eliminada o substancialmente reducida por el calentamiento, o bien por el almacenamiento en la oscuridad durante varios meses a unos 10° C, nivel que está dentro del rango de la temperatura ambiente en la superficie marciana.<sup>1</sup> Se obtuvieron respuestas similares en los dos sitios de aterrizaje de las sondas Viking, separados por unos 6000 kilómetros. Los datos satisficieron e incluso excedieron, tras improvisarse secuencias adicionales de liberaciones marcadas, los criterios establecidos antes de la misión para la detección de microorganismos vivientes. Con todo, los resultados fueron manejados con cautela suma y la comunidad científica general concluyó que la actividad en el suelo había sido química o física, antes bien que de naturaleza biológica.

La investigación científica de Marte se desarrolló mucho en las últimas tres décadas. Suelo, rocas y atmósfera fueron analizadas en Marte; se realizaron observaciones multiespectrales desde órbita y observaciones telescópicas desde la Tierra. Aumentaron – de manera pasmosa – las noticias acerca de los habitats terrestres extremos y los extraños seres vivos que allí moran. Pero todavía no se ha compuesto una evaluación científica de las posibilidades y perspectivas respecto a la vida en Marte que incorpore toda esa nueva información astrobiológica. En vez de ello, pese a estos recientes descubrimientos y en parte en base a su inadecuada interpretación, de hecho se ha desarrollado un “modelo tradicional” demostrablemente erróneo de la vida en Marte. Tal modelo fue admitido por muchos en la comunidad astrobiológica y, a través de su aprobación, lo admitió el mundo educado en general. El presente trabajo procura presentar reunidos los hallazgos aislados relevantes a la vida marciana, así como fundamentar una revisión del actual consenso.

## **2. EL MODELO TRADICIONAL**

Dicho “modelo tradicional” generalmente admitido para la vida en Marte postula que:

- La superficie de Marte es hostil a la existencia de vida debido a la ausencia de agua líquida, al intenso flujo de radiación ultravioleta (UV), y a un ubicuo estrato de sustancias químicas altamente oxidantes.
- La falta de materia orgánica en el material de la superficie es prueba del estrato oxidante y del efecto del flujo UV (o de uno de ambos) así como de la ausencia de vida.

---

<sup>1</sup> Levin, G.V. y P.A. Straat, “Completion of the Viking Labeled Release Experiment on Mars,” *J. Mol. Evol.* **14**, 167-183, 1979.

- Puede haber existido vida en la superficie en el pasado geológico, cuando las condiciones eran más hospitalarias.
- La vida subsistente puede habitar oasis subterráneos con agua líquida allí donde las condiciones ambientales proveen un favorable habitat.

Toda pretensión a la detección de vida en Marte ha de vérselas con cada uno de los obstáculos que pone tal modelo y ciertos corolarios relevantes que surgen del mismo. El trabajo presente tratará de mostrar que este "modelo tradicional" y sus corolarios, que constituyen los mitos modernos acerca de la vida en Marte, no son sustentados por los hechos.

### **3. EL EXPERIMENTO DE LIBERACIÓN MARCADA DE LA SONDA VIKING**

Por cuanto la vida es el fenómeno natural más complejo, la detección de cualquier compuesto químico en Marte tiene pocas probabilidades de ser aceptada como evidencia de vida. Por ende, la demostración de metabolismo activo fue la base del experimento de liberación marcada para la detección de vida. La Figura 1 proporciona un diagrama simple del experimento.

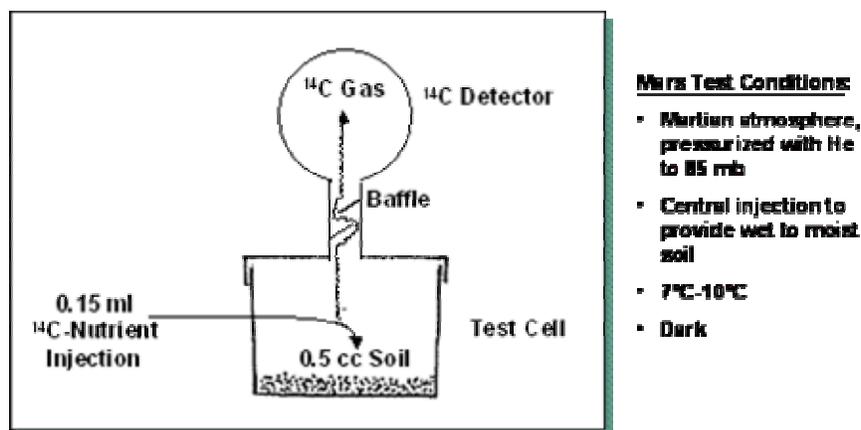


FIGURA 1. Esquema del experimento Viking de liberación marcada en atmósfera marciana, presurizada con helio hasta 85 mb, en la oscuridad y 7 °C a 10 °C. *Test cell*, cámara de prueba; *soil*, muestra recogida de suelo.

Los nutrientes para la liberación marcada fueron seleccionados sobre bases conceptuales y experimentales. Todos los nutrientes, o sustratos, fueron compuestos moleculares simples, como los empleados en experimentos del tipo

Miller-Urey. Se los estima de temprana formación en la Tierra primitiva y, por eso, verosimilmente incorporados en las primigenias formas de vida, y probablemente retenidos a lo largo de su proceso evolutivo. Cada nutriente candidato fue uniformemente marcado con  $^{14}\text{C}$ . Esos nutrientes tienen isómeros ópticos, por lo que fueron incluidos en forma de mezclas racémicas a fin de que cualquiera de sus dos estereoisómeros estuviera disponible para incorporarse a la potencial vida marciana. Los nutrientes fueron empleados en concentraciones mínimas en solución de agua pura, para impedir alguna posible toxicidad como sucede, a veces, cuando a los microorganismos se les proporciona liberalmente materias orgánicas o inorgánicas. La Tabla 1 presenta los nutrientes de liberación marcada, sus concentraciones y sus actividades.

**TABLE 1. Nutrientes de liberación marcada**

Substrato	Estructura y posición de la marcación (*)	Concentración	$\mu\text{Ci ML}^{-1*}$	Actividad específica (Ci/Mole)
$^{14}\text{C}$ -glicina	$\text{NH}_3\text{·}^*\text{CH}_2\text{·}^*\text{COOH}$	$2.5 \times 10^{-4}\text{M}$	4	16
$^{14}\text{C}$ -DL-alanina	$^*\text{CH}_3\text{·}^*\text{CH}(\text{NH}_3)\text{·}^*\text{COOH}$	$5.0 \times 10^{-4}\text{M}$	12	48
$^{14}\text{C}$ -formato de sodio	$\text{H}^*\text{COONa}$	$2.5 \times 10^{-4}\text{M}$	2	8
$^{14}\text{C}$ -DL-lactato de sodio	$^*\text{CH}_3\text{·}^*\text{CHOH}\text{·}^*\text{COONa}$	$5.0 \times 10^{-4}\text{M}$	12	48
$^{14}\text{C}$ -glicolato de calcio	$(^*\text{CH}_2\text{OH}\text{·}^*\text{COO})_2\text{Ca}$	$2.5 \times 10^{-4}\text{M}$	4	16

\* Total = 34  $\mu\text{Ci}$ , que proporciona  $6.8 \times 10^7$  dpm  $\text{ml}^{-1}$

Miles de ensayos fueron realizados con especies microbianas, cubriendo todo tipo disponible: cultivo puro, cultivos mezclados y suelos; y numerosos ensayos de campo con suelos fueron conducidos en un amplio rango de ambientes, durante los veinte años de desarrollo del experimento de liberación marcada. En las Figuras 2 a 4 se muestran ejemplos de ensayos de campo realizados con la temprana versión en "resorte pastoso" del instrumento, que eyectaba un elástico cubierto de silicona y recogía con él su muestra. Nunca se obtuvieron falsos positivos a partir de muestras esterilizadas. La certidumbre de que la respuesta proviene de organismos vivientes, la sensibilidad<sup>2</sup> (a apenas  $\sim 30$  individuos o células/g), y la rapidez de la respuesta brindaron alto nivel de confianza en el experimento.

<sup>2</sup> Cameron, R.E. y R.E. Benoit, *Ecology* **51**, 801, 1970. Ver también *Antarctic Soil* No. 715.



FIGURA 2. Ensayo de liberación marcada a 4000 metros de altitud, bien por arriba de la línea de vegetación arbórea, en White Mountain, California.



**Despite only 0.9% moisture in top 2 mm of sand, a strong positive response was immediately obtained.**

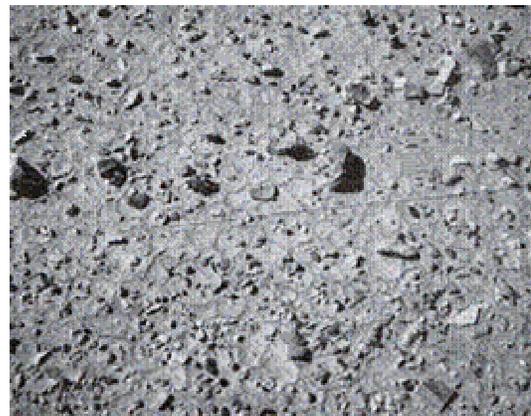


FIGURA 3 (izq.): Ensayo de liberación marcada en una duna del Valle de la Muerte – pese a haber sólo 0,9% de humedad en los dos milímetros superiores de arena, se obtuvo inmediatamente una potente respuesta positiva.

FIGURA 4 (der.): Ensayo de liberación marcada con “resorte pastoso” en las planicies desérticas del Mar Salton, llamado en inglés *The Salton Sea* (desierto del Colorado, California del Sur).

#### **4. GÉNESIS DEL EXPERIMENTO DE LIBERACIÓN MARCADA**

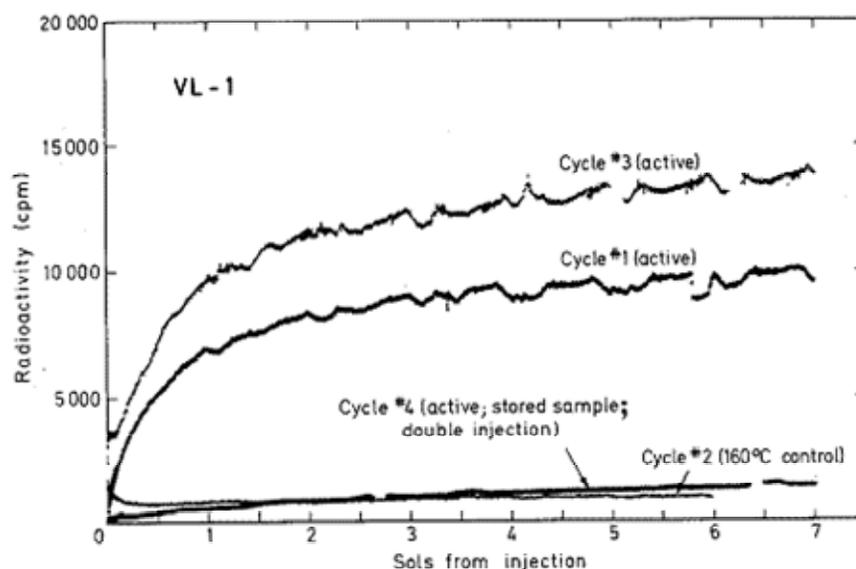
Una propuesta no solicitada para desarrollar el experimento de liberación marcada (originalmente, “Gulliver”) fue sometida a la NASA en 1958. Tras puntillosa revista, la propuesta obtuvo fondos en 1959. El experimento de inmediato se reveló prometedor, lo que fue detallado en informes trimestrales y anuales sometidos a la NASA. A fin de lograr su continuidad, una nueva propuesta debía

someterse anualmente a la NASA para su revisión. Hubo así constante interacción con la NASA durante todo el desarrollo. El proyecto Viking fue formado en 1969 y entonces la NASA convocó a una competición para experimentos destinados a la detección de vida. Muchas propuestas fueron presentadas, entre ellas la de la liberación marcada, que por otra vez atravesó el proceso de evaluación. El experimento de liberación marcada fue seleccionado por los cuatro comités de revisión establecidos por la NASA, cuyos miembros incluían personal de la misma NASA, la *National Science Foundation* (NSF), los Institutos Nacionales de la Salud (NIH) y las universidades. Todos ellos aceptaron los criterios para detectar vida de la propuesta de liberación marcada, a saber: evolución de gas marcado con  $^{14}\text{C}$ , seguida de un control tratado con calor que produjese poco o nada de gas. Revisiones intensivas de la liberación marcada, programadas y de sorpresa, fueron llevadas frecuentemente a cabo por los comités de la NASA y del Proyecto Viking así como por "tiger teams" (equipos especiales para inspección y evaluación independiente) durante los últimos diez años de desarrollo, todo lo cual aumentó más aun el alto nivel de confianza que tenían sus numerosos revisores en el experimento de liberación marcada.

## **5. LA LIBERACIÓN MARCADA LLEVADA A CABO EN MARTE**

Tras posarse de modo impecable, Viking 1 llevó a cabo el primer experimento de liberación marcada el 30 de julio de 1976. El suelo que se sometía a ensayo había sido recogido de la superficie por el brazo muestreador hasta una profundidad de unos cuatro centímetros, ubicado en la caja de distribución y dispensado para la liberación marcada. De inmediato tras la inyección de nutriente empezó un despliegue de gas marcado con  $^{14}\text{C}$ . Después de unos tres días de acumularse, el incremento de volumen de dicho gas se aproximó a una meseta, o *plateau*, aunque continuó mostrando un aumento muy leve. Al final del ensayo del Ciclo 1 de ocho días marcianos o soles, una segunda inyección de nutriente fue efectuada. Se verificó una neta disminución del gas en el *headspace* o espacio cabecera hasta que alrededor del 20% de dicho gas fue nuevamente absorbido por la muestra, tras de lo cual una lenta re-evolución del gas a lo largo del Ciclo 2 de ocho soles restauró la amplitud completa del Ciclo 1. El protocolo requería control en caso de respuesta positiva. Acordemente, una muestra duplicada de suelo fue insertada en una nueva celda, calentada por tres horas a 160 °C para esterilizarla (el procedimiento establecido de control para todos los experimentos Viking en biología), se la dejó enfriar y finalmente fue ensayada. La muestra duplicada virtualmente no produjo respuesta, de modo que completó los criterios pre-misión para la detección de vida microbiana. Esos

critérios no requerían una respuesta positiva a la segunda inyección. Más aun, aislada la muestra en la oscuridad y mantenida en la caja de distribución a ~10 °C, los ensayos de liberación marcada mostraron que en un período de dos o tres meses el suelo perdía su actividad. Pero se obtuvieron respuestas positivas de muestras de suelo que, antes de la inyección de nutriente, habían sido almacenadas en esas mismas condiciones durante varios días. Todos los resultados de liberación marcada del Viking Lander 1 (VL1), como muestra la Figura 5, sustentan la presencia de microorganismos vivientes o son consistentes con ella.

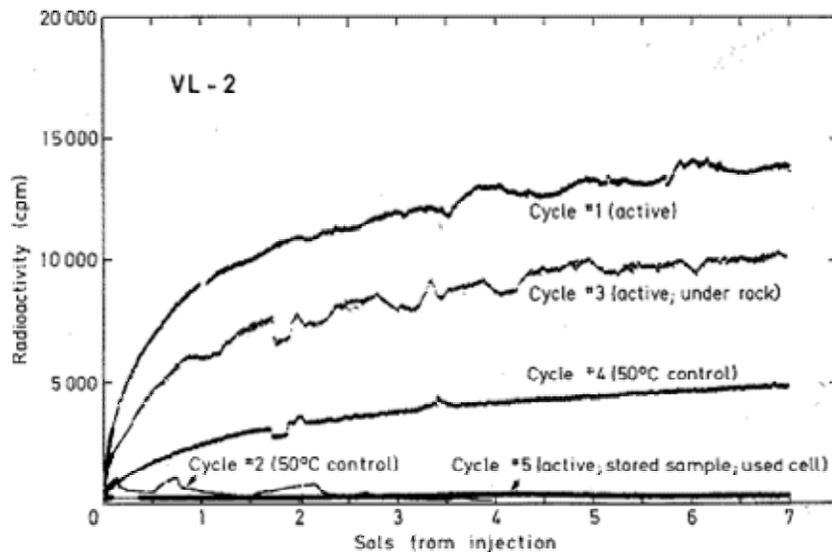


Comparison of radioactivity evolved following the first injection of radioactive nutrient to each analysis cycle of VL-1. A fresh sample was used for the active sequences of cycles 1 and 3 whereas the sample used for active cycle 4 was stored for approximately 141 Sols at 10-26 °C prior to use. For cycle 2, a stored portion of the same sample used for cycle 1 was heated for 3 h at 160 °C prior to nutrient injection. All data have been corrected for background counts observed prior to nutrient injection.

FIGURA 5. Todos los ciclos del VL 1. En la abscisa, soles desde la inyección. La leyenda reza: Comparación de la radioactividad desarrollada tras la primera inyección de nutrientes radioactivos a cada ciclo de análisis del VL1. Una nueva muestra fue empleada para las secuencias activas de los ciclos 1 y 3 mientras la muestra utilizada para el ciclo activo 4 fue almacenada durante aproximadamente 141 soles a 10-26 °C antes de usarla. Para el ciclo 2, una porción almacenada de la misma muestra empleada para el ciclo 1 fue calentada durante tres horas a 160 °C antes de la inyección de nutrientes. Todos los datos fueron ajustados según los conteos de fondo observados antes de la inyección.

A seis mil kilómetros de distancia se posaba la sonda Viking 2. Sus resultados en materia de liberación marcada fueron muy similares a los de la VL1. En base al conocimiento adquirido con los resultados de liberación marcada de la sonda Viking 1, se ejecutaron controles aun más definitorios para discriminar suplementariamente la naturaleza del agente activo. Estos controles incluyeron

mover una roca para permitir tomar una muestra de suelo que no hubiera estado expuesta a la radiación UV durante intervalos geológicos. Su activa respuesta refutó una hipótesis inicialmente prevalente, que sostenía que la respuesta de liberación marcada era causada por la activación UV del suelo. Aun otro ensayo demostró que un calentamiento incluso modesto del suelo deprimía significativamente su respuesta. El agente activo en el suelo, inicialmente respondiente a 10 °C, fue inhibido mucho o inactivado por calentamiento a 46 °C o a 51 °C, tal como lo es una variedad de microorganismos terrestres cuando se los sujeta a similar diferenciación termal (por ejemplo, *E. coli* v otros coliformes). Tal como en VL1, el almacenamiento del suelo durante meses en la caja de distribución inactivó al agente. Todos los resultados de la liberación marcada de VL2 se muestran en la Figura 6. Como en VL1, todos los resultados sostienen la presencia de microorganismos vivos o son consistentes con esa presencia.



Comparison of radioactivity evolved following the first injection of radioactive nutrient to each analysis cycle of VL-2. A fresh sample was used for each cycle except cycle 5 which used a sample stored approximately 84 sols at 7°C prior to injection. The sample used in cycle 3 was obtained from under a rock. Cycles 1, 3, and 5 were active sequences, whereas cycles 2 and 4 were control sequences in which the samples were heated for 3 h at approximately 51.5°C and 46°C, respectively, prior to nutrient injection. Sample volumes were 0.5 cc except that for cycle 5 which contained 2.2 cc. All data have been corrected for background counts observed prior to injection.

FIGURA 6. Todos los ciclos de VL 2. La leyenda reza: Comparación de la radioactividad desarrollada tras la primera inyección de nutrientes radiactivos a cada ciclo de análisis de VL 2. Una muestra nueva, fresca, fue empleada en cada ciclo, excepto el ciclo 5 que utilizó una muestra almacenada antes de la inyección durante aproximadamente 84 soles a 7 °C. La muestra usada en el ciclo 3 fue obtenida de abajo de una roca. Los ciclos 1, 3 y 5 fueron secuencias activas, en tanto que los ciclos 2 y 4 fueron secuencias de control en los cuales las muestras fueron calentadas por tres horas a ~61,5 °C y ~46 °C, respectivamente, antes de la inyección de nutrientes. Los volúmenes de las muestras fueron de 0,5 cm<sup>3</sup> excepto en el ciclo 5, que contenía 2,2 cm<sup>3</sup>. Todos los datos fueron ajustados para los conteos de fondo observados antes de la inyección.

## 6. EL MODELO TRADICIONAL: OBJECIONES Y RÉPLICAS

Se propusieron objeciones a la aceptación de los datos de liberación marcada como evidencia de vida, y los problemas que cada uno suscitó fueron los siguientes:

a. **Falla en detectar materia orgánica.** El instrumento de análisis orgánico de la misión Viking, un recortado cromatógrafo de gases y espectrómetro de masa (GCMS, acrónimo de *gas chromatograph-mass spectrometer*) diseñado para identificar el material orgánico que muchos presumían habría de hallarse presente en Marte, no encontró moléculas orgánicas.<sup>3</sup> Con base en este resultado, el firme consenso de la comunidad de ciencias del espacio fue que las respuestas positivas de la liberación marcada fueron de origen no biológico. Empero, el Experimentador GCMS excluyó su instrumento como detector de vida, manifestando que para obtener resultados hubiera sido requerida la cantidad de materia orgánica de 1000 millones de células bacterianas<sup>4</sup>. Ulteriormente, se informó<sup>5</sup> que varios problemas con el tipo de instrumento GCMS del vuelo disminuyeron adicionalmente su sensibilidad. Tras anunciarse la detección de materia orgánica en el meteorito marciano ALH4001, un funcionario de la NASA explicó que el GCMS de la Viking no había sido suficientemente sensitivo para detectar el nivel de substancia orgánica encontrado por el instrumento GCMS de escala completa con el cual se había analizado el meteorito marciano. Ha sido también mostrado<sup>6</sup> que la temperatura aplicada en el GCMS de la misión Viking no alcanzaba la magnitud necesaria para vaporizar algunas moléculas orgánicas estables a ese calor en células vivientes, lo cual, se ha afirmado, podría explicar el resultado negativo del GCMS de la misión Viking en detectar materia orgánica. A los instrumentos GCMS de las sondas planetarias subsecuentemente diseñadas se les han incorporado correcciones, diseñadas para reparar ese problema y así proveerles una sensibilidad muy incrementada. Es interesante notar que la misión Viking, por sí misma, produjo evidencia de que constantemente se está formando materia orgánica en Marte; y de que la misma no es destruida por algún oxidante energético. En efecto, el Experimentador de la liberación pirolítica (PR, *Pyrolytic Release*) informó<sup>7</sup>: "Los datos muestran que una fijación de carbono atmosférico tiene lugar en el material de superficie de Marte bajo condi-

---

<sup>3</sup> Biemann, K. *et al.*, "The Search for Organic Substances and Inorganic Volatile Compounds in the Surface of Mars," *J. Geophys. Res.* **82**, 28, 4641-4662, 1977.

<sup>4</sup> Biemann, K., Viking Science Press Conf. Sept. 4, 1976, JPL.

<sup>5</sup> G. Levin, L. Kuznetz, y A. Lafleur, "Approaches to resolving the question of life on Mars," *Instruments, Methods, and Missions for Astrobiology, SPIE Proceedings* **4137**, 48-62, 2000.

<sup>6</sup> Benner, S., citado en el artículo del *New Scientist*, "Buried Evidence," 24 de marzo de 2000.

<sup>7</sup> Horowitz, N.H., G.L. Hobby y Jerry S. Hubbard, "Viking on Mars: The Carbon Assimilation Experiments," *J. Geo. Res.* **82**, 28, 4659-4662, 1977.

ciones que se aproximan a las marcianas." En el experimento, suelo marciano fue expuesto a atmósfera marciana simulada conteniendo CO<sub>2</sub> y CO marcados. Tras 120 horas, cualquier gas carbónico no fijado fue apartado por medio de calor. Luego, tras calentar dicho suelo a temperatura de pirólisis, se vaporizó en el espacio de cabecera cualquier carbono que hubiera sido fijado. Cantidades estadísticamente significativas de gas carbónico marcado fueron desarrollándose a partir del material de suelo marciano, proveyendo evidencia de que fijación había ocurrido (pero en cantidad insuficiente para sostener la pretensión de que se trata de biología). Esta formación de materia orgánica y su persistencia todo a lo largo del experimento son evidencia contra la presencia del oxidante(s) o cualquier otra característica del suelo que hubiese de destruir toda traza de materia orgánica. El Experimentador de la liberación pirolítica informó<sup>8</sup> que "Nuestros hallazgos sugieren que el UV que al presente alcanza la superficie marciana puede estar produciendo materia orgánica . . . según lo encontrado, la cantidad de producto podría ser considerable en intervalos geológicos."

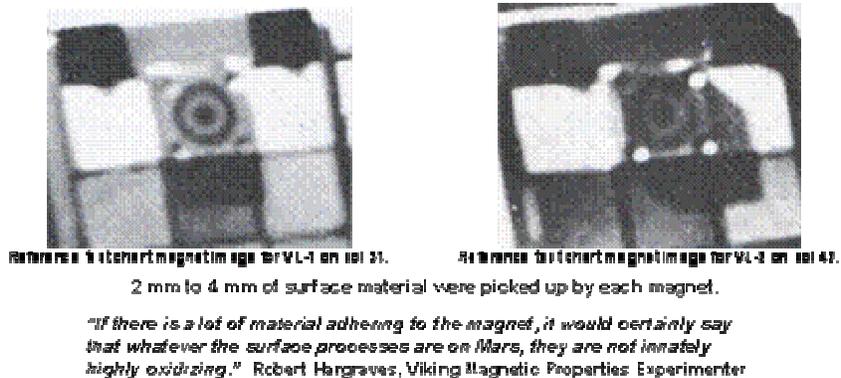


FIGURA 7. El experimento de propiedades magnéticas de la misión Viking. Izquierda, imagen de la carta de prueba de referencia del magneto de VL 1 en sol 31; derecha, de VL 2 en sol 42. Cada imán levantó entre dos y cuatro milímetros del material de superficie. En palabras del Experimentador de este experimento: "Si existe cierta cantidad de material adhiriéndose al imán, podría decir con certeza que, sean los que fueren los procesos de superficie que hay en Marte, los mismos de por sí no son muy oxidantes."

b. **Oxidante energético.** Cuando, como arriba se indicó, el muestreo del suelo debajo de una roca en Marte demostró que la radiación UV no es responsable de las aparentes ausencias de vida y de materia orgánica, en su lugar se propuso la presencia de peróxido de hidrógeno u otro(s) oxidante(s) energético(s) en el suelo. Tal hipótesis fue formulada pese a los hallazgos del experimento de propiedades magnéticas de la misión (Figura 7), de que el material de la superficie de Marte contiene un abundante componente magnético, lo que es evidencia contra

<sup>8</sup> Hubbard, J.S., J.P. Hardy, G.E. Voecks y E.E. Golub, "Photocatalytic Synthesis of Organic Compounds from CO and Water: Involvement of Surfaces in the Formation and Stabilization of Products", *J. Mol. Evol.* **2**, 149-166, 1973.

cualquier condición altamente oxidada.<sup>9</sup> Los autores del trabajo sobre el experimento Viking de propiedades magnéticas llegaron a la siguiente conclusión: "Las posibilidades en cuanto a la naturaleza de las partículas magnéticas detectadas en Marte se resumen aquí. Algunas o todas podrían ser (1) granos de mineral sin oxidar altamente magnético (Fe metálico, magnetita, pirrotita) formando el núcleo, bajo un revestimiento rojizo de limonita o hematita"; y siguieron añadiendo otras varias posibilidades menores, ninguna de las cuales podría tornar altamente oxidante el material de superficie. La evidencia contra un oxidante provista por el PR, que antes acabábamos de revisar, también fue despreciada por los teorizadores pro-oxidante. Después de la misión Viking, dos observaciones infrarrojas (IR) con base en la Tierra, efectuadas por el orbitador ESA<sup>10</sup>, y aun más recientemente datos del explorador robótico Opportunity (Figura 8), han mostrado que el hierro en la superficie de Marte no está oxidado por completo (forma férrica), sino que ocurre mayormente en forma ferrosa. Por ende es arduo defender la existencia de algún ubicuo oxidante enérgico que destruya toda materia orgánica en la superficie de Marte, o la sola presencia de dicho oxidante enérgico en ambos sitios de descenso de las sondas Viking, obligando a explicar no biológicamente los resultados positivos en los ensayos de liberación marcada.

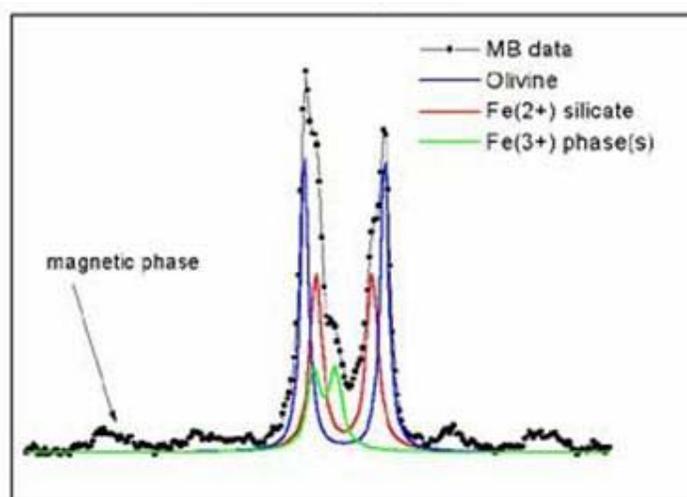


FIGURA 8. Evidencia de hierro no completamente oxidado en Marte.

c. **"Demasiado, y demasiado pronto."** Se ha objetado que las respuestas positivas a la liberación marcada, así como la cinética de la reacción, corresponden a una reacción de primer orden, sin la demora o fases exponenciales que se observan en las clásicas curvas de crecimiento microbiano – todo lo cual hablaría

<sup>9</sup> Hargraves, R.B., D.W. Collinson, R.E. Arvidson y C.R. Spitzer, "The Viking Magnetic Properties Experiment: Primary Mission Results," *J. Geophys. Res.* **82**, 4547, 1977.

<sup>10</sup> Kerr, R.A., "Life or Volcanic Belching on Mars?" *Science* **303**, 5666, 1953, 26 March 2004.

de una simple reacción química. Empero, la Figura 9 muestra experimentos terrestres de liberación marcada en una variedad de suelos, que produjeron tasas de respuesta con la cinética y el rango de amplitudes de las liberaciones marcadas en Marte.

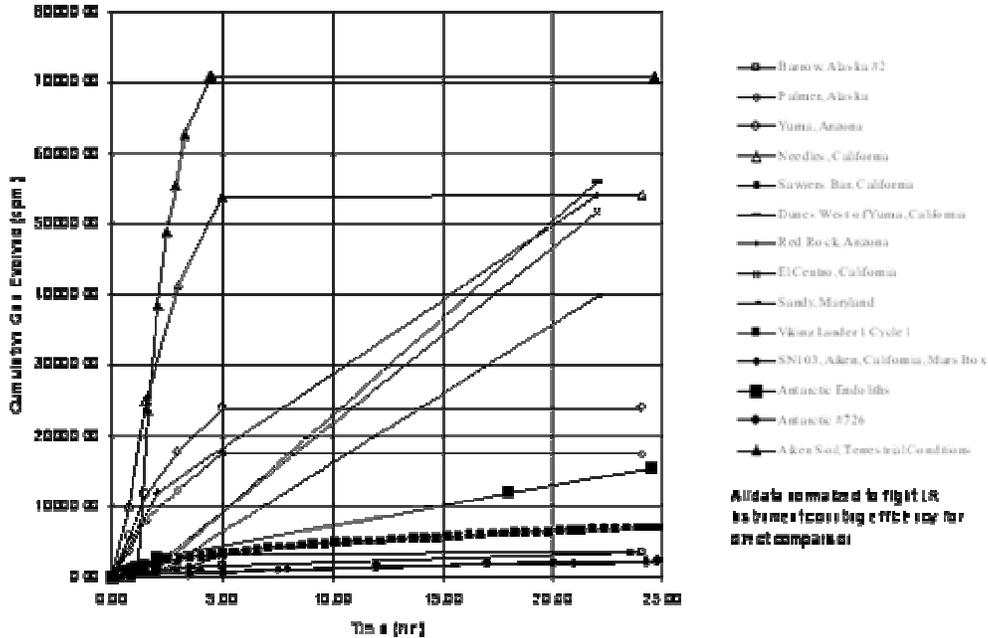


FIGURA 9. Comparación de respuestas activas en la Tierra y en Marte a la liberación marcada.

d. **Segunda inyección.** Las segundas inyecciones de nutrientes no produjeron nuevo desarrollo de gas. Al contrario, prestamente redujeron en alrededor del 20% la cantidad de gas acumulado desde la primera inyección. Si bien la responsividad a las segundas inyecciones no formó parte de los criterios para la detección de vida por medio de liberación marcada, la ausencia de un nuevo surgimiento de gas al inyectar medio fresco fue posteriormente citada como evidencia contra la biología. Empero, un ensayo de suelo consolidado provisto por la NASA (Antarctic soil No. 664), conteniendo menos de 10 células viables/g<sup>11</sup>, mostró este tipo de respuesta a la 2<sup>da</sup> inyección, como se observa en las Figures 10a y 10b. (La alta cpm inicial del suelo antártico estéril refleja gas residual en la celda de ensayo utilizada. Ello no interfiere en la demostración del efecto de la 2<sup>da</sup> inyección.) Así, pues, el fracaso de la 2<sup>da</sup> inyección en elicitar una respuesta puede atribuirse a que los organismos en la muestra activa hubiesen muerto en algún momento tras la 1<sup>ra</sup> inyección, durante la última etapa del Ciclo 1. El efecto de la 2<sup>da</sup> inyección fue humedecer el suelo, causando que el mismo absorbiera gas del espacio de cabecera. El gradual resurgir, con el tiempo, de gas en dicho espacio parece haber sucedido a medida que el sistema se puso en equilibrio.

<sup>11</sup> Quam, L.O., ed., *Research in the Antarctic*, AAAS #93, Wash., DC, 1971.

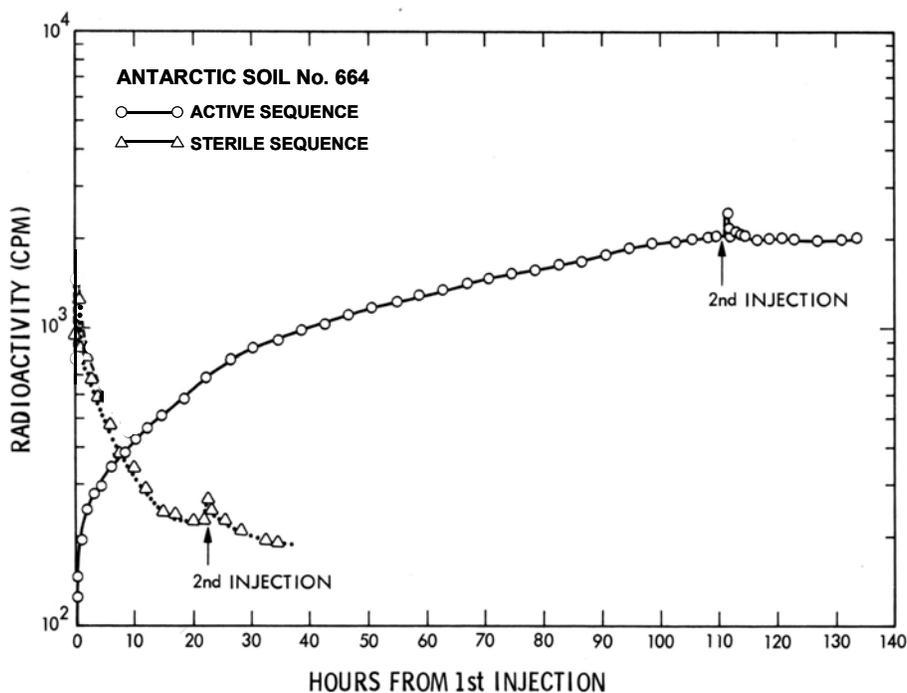


FIGURA 10a. Efecto de la 2<sup>da</sup> inyección en suelo antártico.

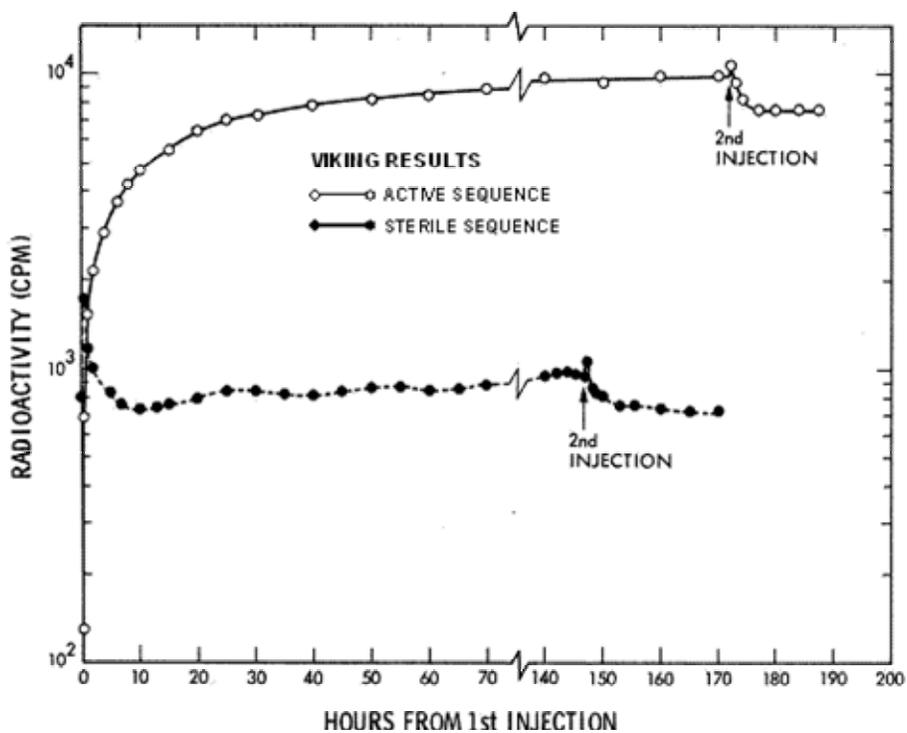


FIGURA 10b. Efecto de la 2<sup>da</sup> inyección en suelo marciano.

e. **“No hay agua líquida, no hay vida.”** Esta alegación es el argumento primario interpuesto hoy por hoy por quien no acepte el descubrimiento de vida por la liberación marcada de las Viking. Sin embargo, la misma misión Viking brindó firme evidencia<sup>12</sup> de la presencia de agua líquida cuando el aumento de temperatura de su pie, respondiendo al levantarse del sol, se detuvo a 273 °K. Se ve nieve o helada en las imágenes de la misión Viking del sitio de descenso (Figura 11).



FIGURA 11. Espesa helada o nieve en el sitio del VL-2 Lander (Viking Lander Image 21I093).

Reunidas, estas observaciones constituyen sólida evidencia de la presencia diurna de agua líquida. Se han citado modelos teóricos<sup>13,14</sup> y evidencia experimental directa<sup>15</sup> demostrativos de que el agua líquida se verifica en las condiciones marcianas. El Odyssey ha mostrado que, dentro de varios de los primeros centímetros de profundidad en la superficie marciana, buena parte de Marte, incluyendo los dos sitios de descenso Viking, contiene cantidades entre moderadas y abundantes de hidrógeno (interpretado como agua, pero denominado “hielo”), mucho más que lo hallado en los ensayos de liberación marcada en el Valle de la Muerte. El Pathfinder, a su vez, ha mostrado que la temperatura de la atmósfera de Marte a nivel de la superficie excede 20 °C durante parte del día, brindando transitorias condiciones para el agua líquida. Los exploradores robóticos Spirit y

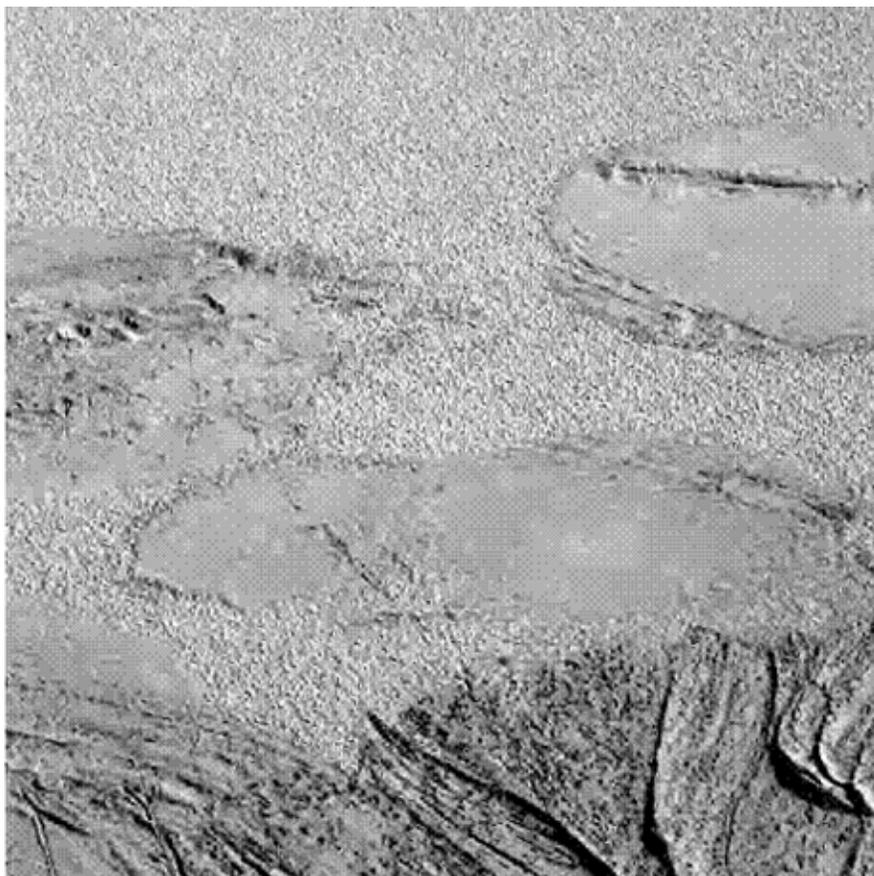
<sup>12</sup> Moore, H.J. *et al.*, “Surface Materials of the Viking Landing Sites,” *J. Geophys. Res.* 82:28, 4497-4523, 1977.

<sup>13</sup> Levin, G.V. y R.L. Levin, “Liquid Water and Life on Mars,” *Instruments, Methods, and Missions for Astrobiology, SPIE Proceedings* **3441**, 30-41, July, 1998.

<sup>14</sup> Hecht, M., “Aqueous environments on contemporary Mars,” *Instruments, Methods, and Missions for Astrobiology IV, Proceedings of SPIE* **4495**, 69-80, 2001.

<sup>15</sup> *Op. cit.* (5).

Opportunity han tomado imágenes que sugieren suelo húmedo, como se ve en la Figura 12. Explicando la pegajosidad del suelo, científicos del MER han dicho que “puede contener pequeños glóbulos de agua líquida”, o “puede contener fangos” (*brine*)<sup>16</sup>.



**1P128287581EDN0000P2303L5M1**

FIGURA 12. ¿Pozas de fango en Marte?

Otras imágenes de Marte, tales como las Figuras 13 y 15c, muestran la actividad presente, aunque intermitente, de regueros o arroyuelos. La creciente evidencia de agua líquida en Marte ha resultado en el nacimiento de creencias según las que pueden existir bolsones de agua líquida bajo la superficie, constituyendo oasis para la vida. Empero, no hay sustento para la teoría de oasis de vida en la Tierra; virtualmente toda la superficie de nuestro planeta está habitada por microorganismos vivientes. La NASA, pese a declarar al “sigla el agua” como su ruta para encontrar vida en Marte, no ha enviado allí un instrumento para

---

<sup>16</sup> “Mars rovers explore hints of salty water: Water one of several theories proposed,” por Robert Roy Britt, [SPACE.com](http://www.space.com), 19 de febrero de 2004, <http://www.cnn.com/2004/TECH/space/02/19/shc.mars.search/>

detección del agua líquida. Han sido encontrados microorganismos nativos creciendo en los hielos del Polo Sur terrestre<sup>17</sup>, como se ve en la Figura 14, y en el permafrost del Ártico.<sup>18</sup> Pero aun en esos congelados sitios existe agua líquida. Películas muy delgadas de agua líquida existen en los intersticios del hielo y minerales, y bastan para sostener una ecología de especies altamente diferenciadas.

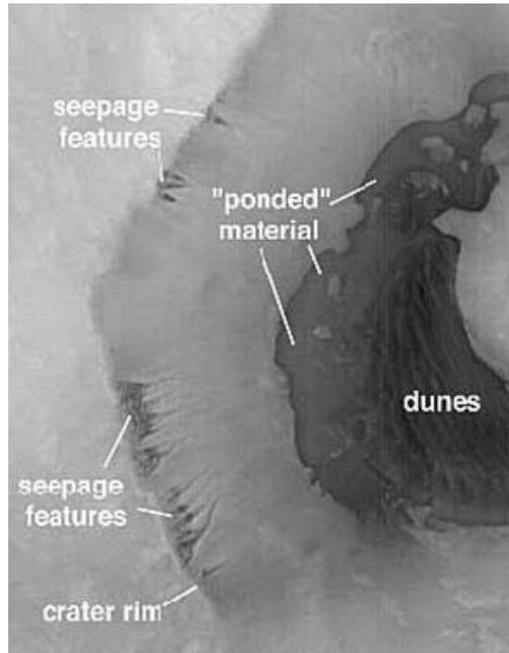


FIGURA 13. Imagen del Mars Global Surveyor. Algunos investigadores en la NASA proponen que el agua líquida puede manar de las paredes de este cráter sin nombre en el hemisferio sur del planeta. Foto cortesía de la NASA.

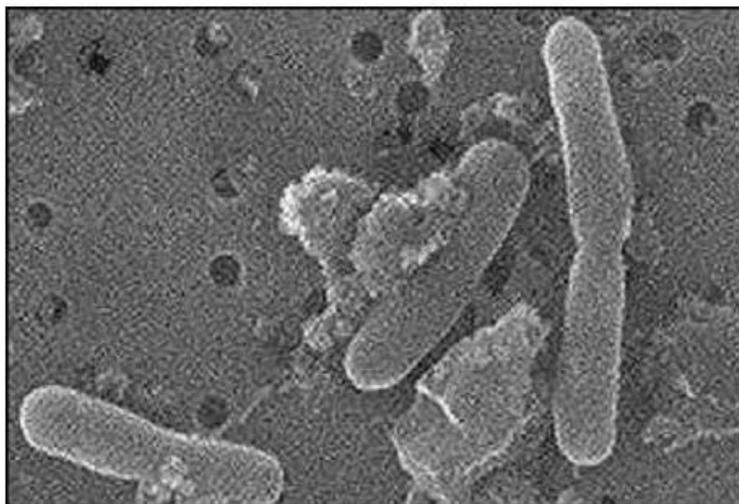


FIGURA 14. Microbios del Polo Sur. Algunos científicos han hallado evidencia de que hay microbios que viven en el hielo del polo antártico. BBC News Online, *science editor* Dr. David Whitehouse, 10 de julio de 2000.

<sup>17</sup> Carpenter, E.J., S. Lin, y D.G. Capone, "Bacterial Activity in South Pole Snow," *Applied and Environmental Microbiology* **66**, 10, 4514-4517, 2000.

<sup>18</sup> Skidmore, M.L., J.M. Foght, y M.J. Sharp, "Microbial Life beneath a High Arctic Glacier," *Applied and Environmental Microbiology* **66**, 8, 3214-3220, 2000.

**Barniz del desierto.** En 1979 se llamó la atención del autor<sup>19</sup> sobre la posible presencia del denominado *barniz del desierto* en algunas de las rocas marcianas. El barniz del desierto ha sido informado<sup>20</sup> como de origen microbiano o conteniendo productos producidos por microorganismos. Desde entonces, muchos artículos adicionales<sup>21,22,23,24</sup> han comentado acerca de la relación causal entre barniz del desierto y microorganismos. También se han descrito<sup>25</sup> detalles de la formación y composición del barniz de las rocas (o del desierto) y su potencial relevancia específica para la cuestión de la vida existente en Marte. La Figura 15 exhibe aquí lo que parece ser barniz del desierto en rocas de uno de los sitios de descenso de las Viking. Un reciente artículo de novedades<sup>26</sup> informa acerca de un reencendido interés en el barniz del desierto como evidencia de la vida en Marte.



FIGURA 15. Posible barniz del desierto en Marte. Piedras iluminadas de frente en un sitio de descenso Viking exponen un brillante lustre, que podría tratarse de barniz del desierto. Imagen cortesía de la NASA, crédito: Barry DiGregorio.

<sup>19</sup> Henry Moore a Gilbert Levin, comunicación personal, informada en *Mars: The Living Planet*, Barry DiGregorio, Frog, Ltd., Berkeley, CA, p. 70, 1977.

<sup>20</sup> Schwabe, A., "Blualgen aus ariden Boden," *Fortsch. u. Fortschr.* **34**, pp. 194-197, 1960.

<sup>21</sup> Dorn, R.I., y T.M. Oberlander, "Microbial origin of desert varnish," *Science* **213**, p. 1245-1247, 1981.

<sup>22</sup> Flood, B.E., C. Allen, y T. Longazo, "Microbial fossils detected in desert varnish," *Astrobiology* **2**(4), 2003.

<sup>23</sup> Probst, L.W., C.C. Allen, K.L. Thomas-Keppta, S.J. Clemett, T.G. Longazo, M.A. Nelman-Gonzalez, y C. Sams, "Desert varnish - preservation of biofabrics and implications for Mars," *Lunar and Planetary Science* **33**, 1764, 2002.

<sup>24</sup> Spilde, M.N., "Subterranean manganese deposits in caves: analogies to rock varnish?," *Geological Society of America*, Paper No. **216-13**, Denver Annual Meeting, 2002.

<sup>25</sup> DiGregorio, B., "Rock Varnish as a Habitat for Extant Life on Mars," *Instruments, Methods, and Missions for Astrobiology*, *SPIE Proceedings* **4495-13**, 2001.

<sup>26</sup> Sherriff, L., "Shiny rocks could hold evidence of Martian life," *The Register*, 4 de julio de 2006.

**Ritmo circadiano.** El re-examen de la cinética de la respuesta a la liberación marcada en Marte indicó otra posible componente biológica. Se ha propuesto<sup>27,28</sup> que la cinética de evolución del gas marcado en los experimentos Viking de liberación marcada podría atribuirse a un ritmo circadiano, un fenómeno biológico casi universal en todo organismo vivo. Mientras que se detectaron indicaciones de ritmo circadiano en los datos Viking de liberación marcada, en los dos artículos citados las mismas no alcanzaron el nivel de firme significación estadística. Empero otro artículo<sup>29</sup>, utilizando una aproximación no lineal, concluyó así: "Nuestros resultados apoyan con firmeza la hipótesis de un origen biológico del gas colectado por el experimento de liberación marcada a partir de suelo marciano." Estudios adicionales al presente en progreso se encaminan a verificar la significación estadística de esa conclusión.

**Indicadores atmosféricos.** Sumándose a la creciente marea de hechos que sostienen la detección de vida por los experimentos Viking de liberación marcada, se encuentran los recientes hallazgos, en la atmósfera marciana, de metano, formaldehído y posiblemente amoníaco<sup>30,31,32,33</sup>. Estos gases con frecuencia se implican en el metabolismo microbiano y son, en consecuencia, posibles indicadores de vida. El metano, gas lábil ante el UV y de breve vida media, ocurre en cantidades estimadas no adecuadas para su tasa de reemplazo, ya que el catastro termal de todo el planeta no ha indicado ninguna actividad volcánica, potencial fuente no-biológica de metano. En la atmósfera de la Tierra, el metano se sostiene primariamente por el metabolismo biológico. A más, el metano detectado en Marte estaba asociado con vapor de agua en la atmósfera, lo que es consistente con la posible existencia de vida, si no indicativo de la misma.

---

<sup>27</sup> Case, M., A. Dini, G.V. Levin, P.A. Straat, H.P.A. Van Dongen y J.D. Miller, "Circadian rhythms and evidence for life on Mars," *Instruments, Methods, and Missions for Astrobiology, SPIE Proceedings* **5555**, 35, August 2004.

<sup>28</sup> Van Dongen, H., J. Miller, P. Straat y G. Levin, "A circadian biosignature in the Liberación marcada data from Mars?" *Instruments, Methods, and Missions for Astrobiology, SPIE Proceedings* **5906**, OC1-10, August 2005.

<sup>29</sup> G. Bianciardi, "Nonlinear Analysis of the Viking Lander 2 Liberación marcada Data," Proc. of the III European Workshop on Exo-Astrobiology on Mars: The search for Life, Madrid, España, 18-20 de noviembre de 2003 (ESA SP-545, March 2004).

<sup>30</sup> Op. cit. (10).

<sup>31</sup> Howe, L., "Formaldehyde, Ammonia, and Benzene Molecules on Mars? Would Probably Mean Life," [www.earthfiles.com/news/printerfriendly.cfm?id=707](http://www.earthfiles.com/news/printerfriendly.cfm?id=707)

<sup>32</sup> Krasnopolsky, V.A., J. P. Maillard, y T. C. Owen, "Detection of Methane in the Martian Atmosphere: Evidence for Life," European Geosciences Union, 1st General Assembly, Niza, Francia, 25-30 de abril de 2004.

<sup>33</sup> Whitehouse, D., "Ammonia may have been found in Mars' atmosphere which some scientists say could indicate life on the Red Planet," Online Science Ed., BBC, reported in BBC News, 15 de julio de 2004.

## **7. LA SITUACIÓN ACTUAL**

Quizás lo más significativo, en la prolongada y tortuosa historia de los esfuerzos por determinar qué detectó en Marte la liberación marcada de las Viking, es que no se ha informado que exista en Marte ninguna condición o característica inconciliable con la existencia de vida, ni siquiera incompatible con la supervivencia y crecimiento de algunas formas de microorganismos terrestres.

Durantes los treinta años tras el descenso de las Viking, se hicieron más de cuarenta intentos para explicar abióticamente los resultados de la liberación marcada. A la fecha, ningún experimento ha duplicado o se ha aproximado realísticamente a los resultados positivos y de control de la liberación marcada en Marte, excepto cuando utilizaron microorganismos vivos.

La ciencia no es un proceso democrático y los descubrimientos quebranta-paradigmas siempre estuvieron sometidos al escepticismo, y a años de demora, antes de que la comunidad científica los reconociese. Con el fracaso de todas las explicaciones alternativas propuestas para los resultados de la liberación marcada de la misión Viking, el momento para aceptar la vida en Marte puede estar a mano. La credibilidad de los resultados de la liberación marcada adelantó significativamente con lo que se aprendió sobre la vida después de las Viking. La vida no está ya constreñida a la delgada y frágil película en, encima y bajo la superficie de la Tierra, como se nos enseñaba antes de las Viking. Sabemos ahora que opera cierto "imperativo biológico" sobre la Tierra. Ha permeado superficie, profundidades y atmósfera de nuestro planeta, por doquier, hasta en ambientes tan hostiles como algunos de Marte; quizás la única excepción es el magma al rojo. Incluso si la vida nunca se hubiera originado en Marte, sabemos ahora que podría haber sido depositada allí bien amparada, llegando desde la Tierra u otras proveniencias.<sup>34</sup> Desde que logramos justipreciar las exigencias al transporte interplanetario viable entre la Tierra y Marte, se ha hecho más dificultoso imaginarnos un Marte estéril que uno viviente. De hecho, se está haciendo aparente que la Tierra y Marte pueden ser parte del mismo proceso biosférico.

## **8. FUTUROS EXPERIMENTOS PARA LA DETECCIÓN DE VIDA**

Se ha afirmado que, en futuras misiones en búsqueda de vida, métodos más nuevos y modernos han de reemplazar a la liberación marcada. Mientras por cierto hay que buscar métodos adicionales, el abandono de la tecnología de liberación marcada es contrario a las enseñanzas de la ciencia. Referidos

---

<sup>34</sup> Levin, G., "Scientific Logic for Life on Mars," *Instruments, Methods, and Missions for Astrobiology, SPIE Proceedings* **4495**, 81-88, July 2001.

a la vida o no, en Marte la liberación marcada ha obtenido colosales resultados. El método científico enseña que, cuando se realiza un nuevo hallazgo, el camino mejor y menos riesgoso para expandir esa cabecera de playa del conocimiento es refinar y re-aplicar la misma herramienta que hizo el descubrimiento inicial. El microscopio de Leeuwenhoek, que abrió las puertas de la ciencia microbiológica, no fue descartado para en cambio desarrollar, digamos, métodos en busca de detectar los sonidos de los microbios. El instrumento de Leeuwenhoek fue ardientemente perfeccionado, generando sus modernos descendientes. Pero el método de liberación marcada ha sido puesto a un lado durante 30 años y los métodos para detección de vida extraterrestre hoy día en desarrollo buscarán "biomarcadores", es decir, moléculas normalmente asociadas a la vida. Pero sus resultados, si fueran positivos, no pasarán la dura prueba de la navaja de Occam – tal como tampoco la pasan los hallazgos de lo que parece ser fósiles microbianos en rocas meteoríticas de origen posiblemente marciano. A menos de demostrar metabolismo activo, resulta inverosímil que ningún resultado experimental doblegue el escepticismo científico.

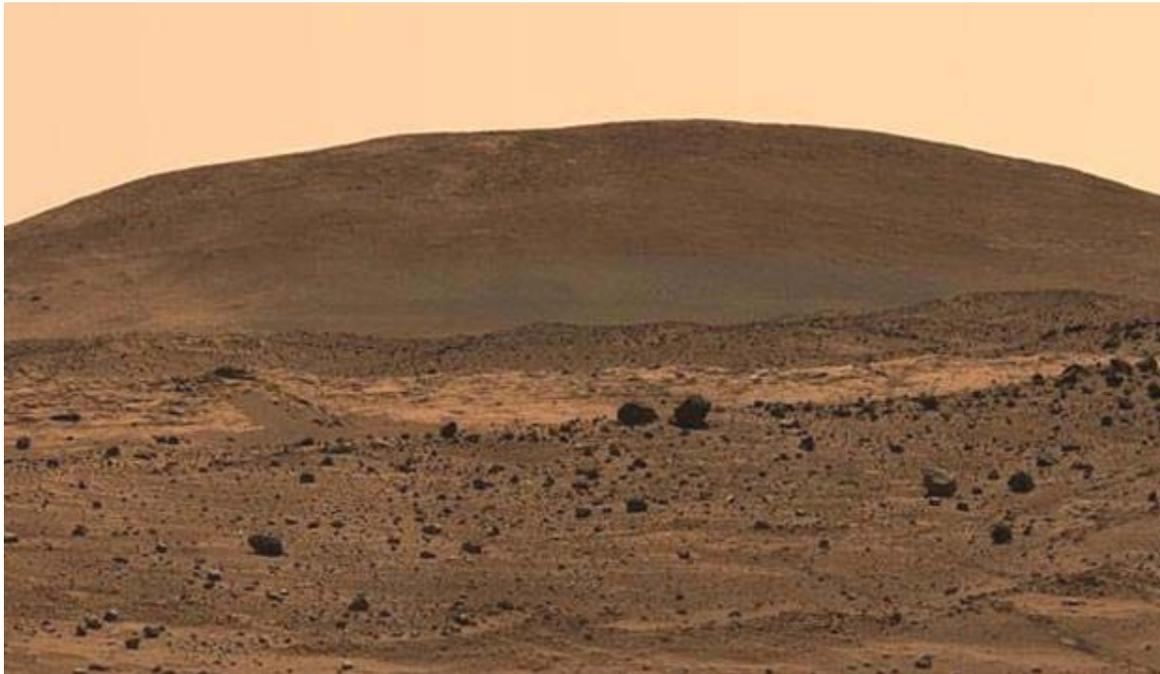


FIGURA 15b. ¿Agua en Marte? Imagen de invierno, NASA.

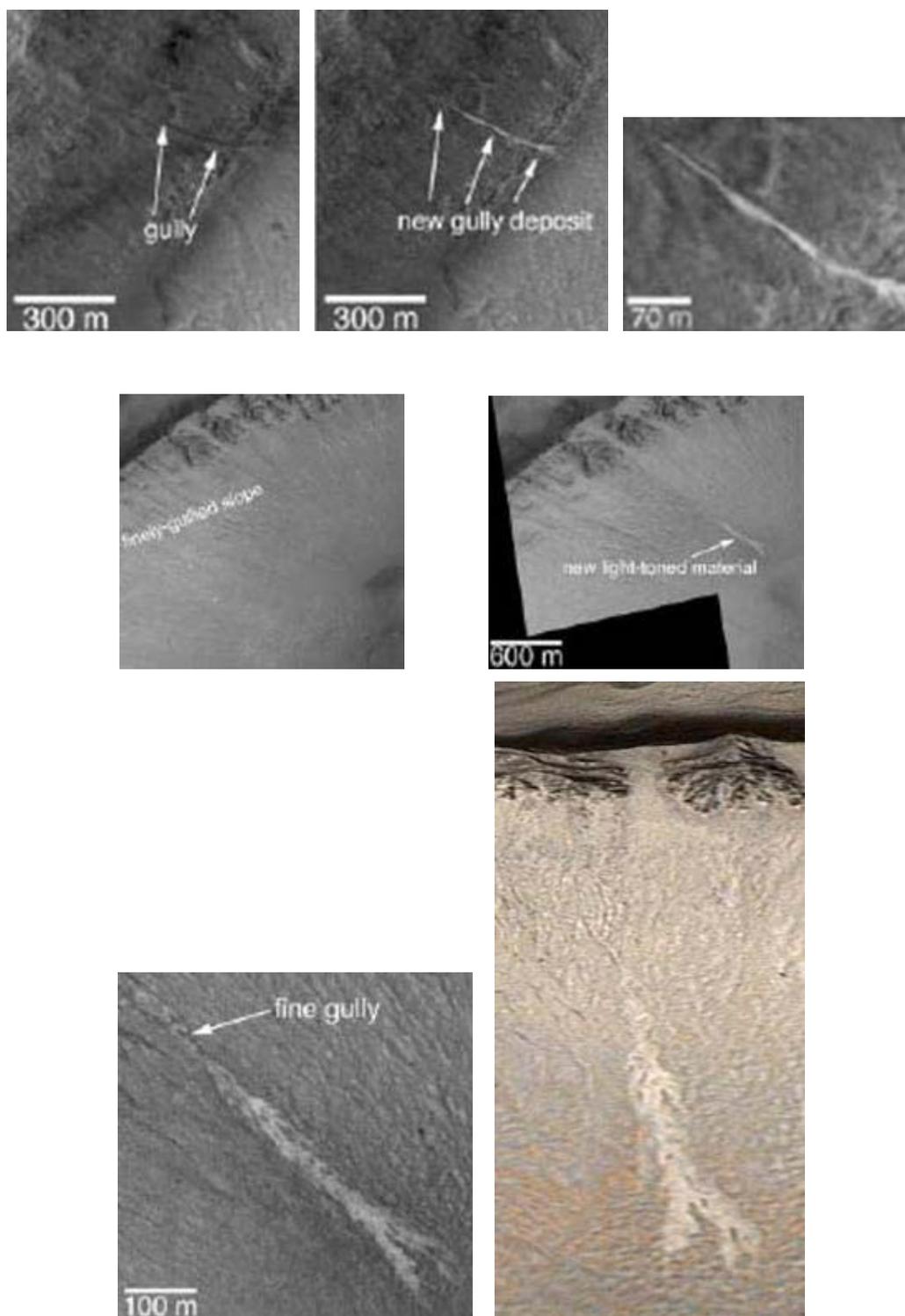


FIGURA 15c. Reciente actividad de reguero en la superficie de Marte. Comparación entre el 22 de diciembre de 2001 y el 26 de agosto de 2005 (tres imágenes superiores) en la pared noroeste de un cráter en Terra Sirenum. En las dos imágenes siguientes: paisaje en un cráter en la region de Centauri Montes, el 30 de agosto de 1999 (izquierda) y el 10 de septiembre de 2005. Dos imágenes finales: detalles de la reciente actividad de superficie. La naturaleza del flujo aparentemente acuoso aún no pudo discriminarse. Imágenes hechas públicas en noviembre de 2006, tras la exposición original del presente trabajo por su autor. Crédito: NASA/JPL/MSSS /Science

Más lamentable es el hecho de que ningún ensayo para la detección de vida haya sido enviado a Marte desde la misión Viking, ni siquiera un experimento para confirmar o identificar el "oxidante energético" que produciría la señal en las liberaciones marcadas que tuvieron lugar en Marte. La confirmación de tan sorprendente actividad química de la superficie de Marte debería, por sí misma, constituir un descubrimiento científico mayor, el que debería haberse proseguido investigando en descensos subsiguientes a las sondas Viking. Además, los datos logrados con la fortuna de mil millones de dólares de 1976 gastados en la misión Viking todavía no han sido objetivamente revisados para juzgar la evidencia de vida. No se ha publicado ninguna refutación científica creíble de los resultados de la liberación marcada, pero aseveraciones subjetivas como "La comunidad científica no acepta los resultados de la liberación marcada como evidencia de vida" son comunes.

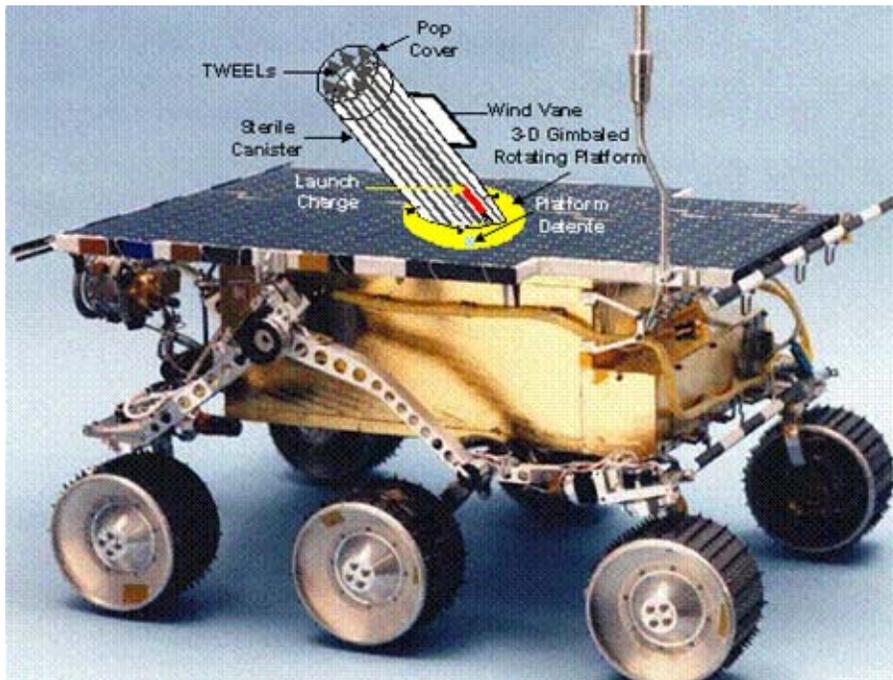


FIGURA 16. TWEEL (*Twin Wireless Extraterrestrial Experiment for Life*) montado en un explorador robótico.

Un siguiente paso lógico, que prosigue la investigación de la vida en Marte, es la adaptación quirral del experimento de liberación marcada. Lejos de abandonarlo, dicha adaptación construye sobre el legado de ese experimento. Todas las formas conocidas de vida exhiben una preferencia exclusiva o muy fuerte para aminoácidos "de mano izquierda" y carbohidratos "de mano derecha", por sobre sus respectivos enantiómeros. El *experimento de liberación*

marcada quiral para detectar metabolismo quiral activo, fotosíntesis y ritmo circadiano se expone en las Figuras 16 y 17.

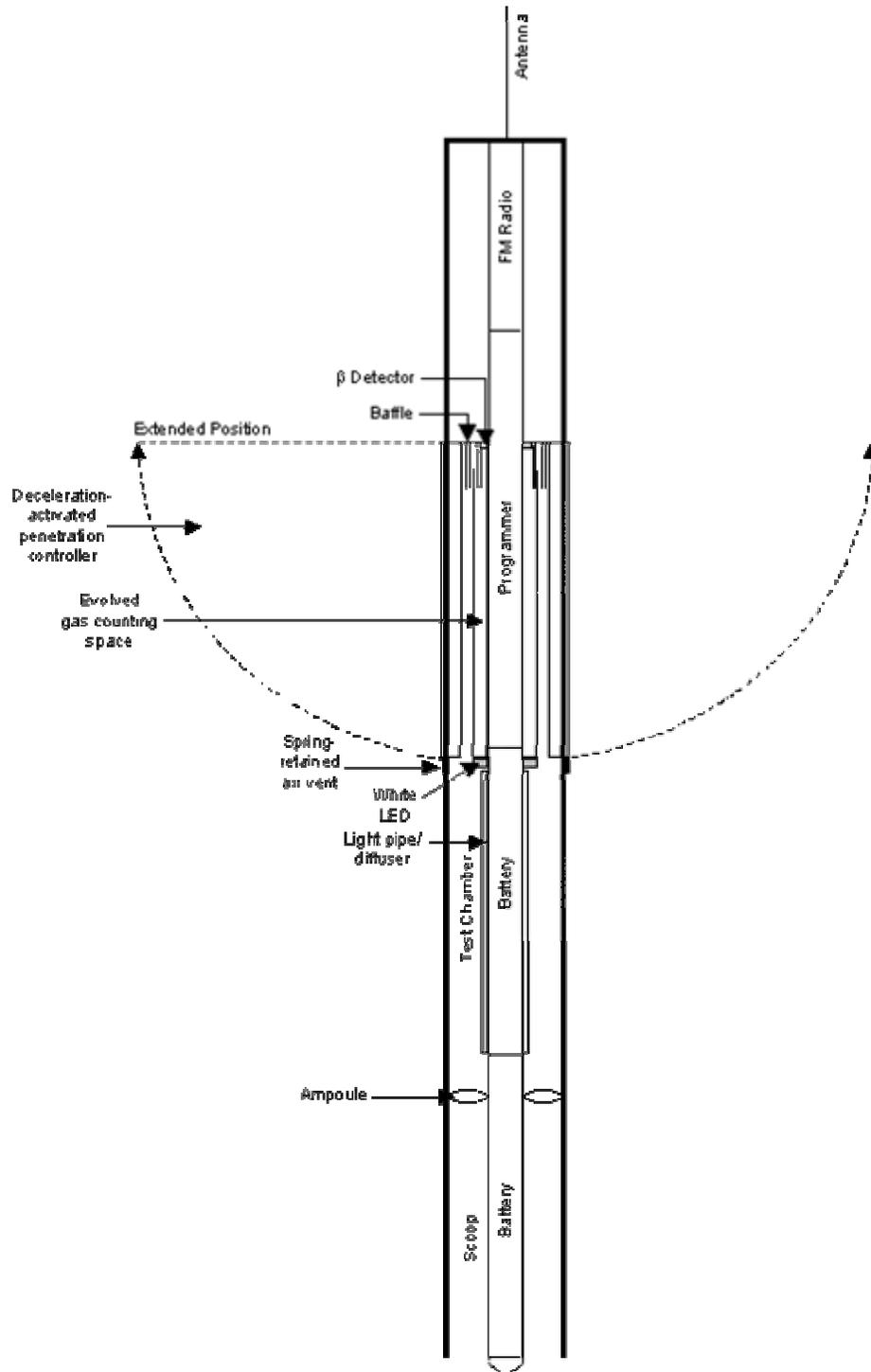


FIGURA 17. *Twin Wireless Extraterrestrial Experiment for Life (TWEEL)*: Experimento de liberación marcada quiral /ritmo circadiano/fotosíntesis para la detección de vida.

Mientras que la pretensión de evidenciar vida con el hallazgo de cualquier especie química o "biosignatura" puede refutarse por aplicación de la navaja de Ockham, la demostración de metabolismo activo por cualquiera de estos tres métodos constituiría indisputable evidencia de vida. El experimento quiral de liberación marcada podría no sólo probar la existencia de vida al más terco contendor de los resultados de la liberación marcada en Marte, sino además determinar si esa vida no está filéticamente relacionada con nosotros. El resultado más excitante sería encontrar que no lo está, demostrando con ello una segunda génesis independiente, fuertemente implicativa de que la vida ha de pulular en el universo – otro quebrantadero de modelos. He propuesto el experimento quiral de liberación marcada a varias agencias espaciales muchas veces, formal e informalmente, sin aceptación. Aquí y ahora, lo propongo una vez más.

## 9. RECOMENDACIONES

En base al argumento para la vida en Marte, arriba alegado y en mayor detalle en el sitio de Red [spherix.com/Marte](http://spherix.com/Marte), en interés de responder esta mayúscula cuestión científica se formulan las siguientes recomendaciones:

- a. Un panel de científicos independientes habría de convocarse para estudiar los resultados de liberación marcada de la misión Viking y todo otro dato relevante a la cuestión de la vida. Se rendirían un informe detallado de los hallazgos y una conclusión. Hasta ahora no ha habido una formal revisión de pares para este experimento y los datos relacionados; la conclusión negativa fue expuesta y promulgada sólo por varios científicos de la misión Viking antes de la publicación por los Experimentadores.
- b. Toda nave espacial enviada de ahora en más a descender en Marte debería llevar un ensayo para la detección de vida.
- c. El experimento de liberación marcada quiral, fotosíntesis y ritmo circadiano debería ser enviado a Marte en la primera oportunidad.
- d. Imágenes de las mismas áreas de Marte tomadas en diferentes tiempos debieran compararse para establecer variaciones temporales como evidencia sugerente del flujo de agua líquida. Las imágenes sugerentes debieran ser asimismo comparadas con otros tipos de datos marcianos, a fin de detectar correlaciones con vapor de agua en la atmósfera, temperatura y estaciones. Han de buscarse cambios sugerentes de vida en la coloración y forma en los mismos rasgos fotografiados en diferentes momentos, en las muchas imágenes de la superficie de Marte tomadas por los orbitadores, el telescopio Hubble, Spirit y Opportunity.



**AGRADECIMIENTOS:** El autor desea reconocer y agradecer a la NASA por brindar los fondos para el experimento de liberación marcada, entre 1959 y 1979; a la Dra. Patricia A. Straat, co-Experimentadora Viking Labeled R., cuyos esfuerzos fueron indispensables para el desarrollo y vuelo del experimento de liberación marcada; al Dr. Richard Hoover, de la NASA MSFC, por invitar y alentar al autor a presentar trabajos en las Conferencias en Astrobiología convocadas por la *International Society for Photonics and Optical Engineering* (SPIE); a doña Kathy Brailer, asistente ejecutiva del autor por muchos años, que ayudó grandemente a preparar el manuscrito de este trabajo; y asimismo a Spherix Incorporated por sostener sus esfuerzos ulteriores al financiamiento de la NASA.

---

Copyright © November 2006 *Electroneurobiología*. Este texto es un artículo de acceso público; su copia exacta y redistribución por cualquier medio están permitidas bajo la condición de conservar esta noticia y la referencia completa a su publicación incluyendo la URL (ver primera página). / This is an Open Access article: verbatim copying and redistribution of this article are permitted in all media for any purpose, provided this notice is preserved along with the article's full citation and URL (first page).



revista

*Electroneurobiología*

ISSN: ONLINE 1850-1826 - PRINT 0328-0446