



CENTRO DE ALTOS
ESTUDIOS UNIVERSITARIOS
CENTRO DE ALTOS
ESTUDIOS UNIVERSITÁRIOS



Agencia Española
de Cooperación
Internacional
para el Desarrollo

Proyecto Iberoamericano de Divulgación Científica Comunidad de Educadores Iberoamericanos para la Cultura Científica

¿DÓNDE ESTÁ TODO EL MUNDO?



REFERENCIA: **4ACH82**

La conquista del espacio



sociedad

La presión
extremista dificulta
el perdón a Bibi



El hallazgo por investigadores de la NASA de una bacteria capaz de alimentarse de arsénico en el lago Mono de California (en la imagen) alimenta el debate sobre la vida microbiana. / GETTY

¿Dónde está todo el mundo?

- Hay vida microbiana en unos entornos considerados hasta ahora inhabitables
- La ciencia se pregunta si es un fenómeno generalizado en el Universo

JAVIER SAMPEDRO

El descubrimiento por investigadores de la NASA de una bacteria capaz de alimentarse de arsénico en el lago Mono de California —y el escepticismo con que otros científicos han recibido el hallazgo— es el último capítulo de una historia con un argumento tenaz: la ampliación progresiva de las fronteras de la biosfera, o el conjunto de hábitats que puede ocupar la vida. En los últimos tiempos, los científicos han hallado signos de vida microbiana en unos entornos insospechados, considerados inhabitables durante casi toda la historia de la biología. Estos incluyen unas aguas a temperaturas de 113 grados centígrados, condiciones extremas de acidez o salinidad y las entrañas subterráneas más profundas que han alcanzado de momento las sondas, a más de 1.600 metros bajo el suelo submarino. También hay bacterias, como *Deinococcus radiodurans*, capaces de recomponer su geno-

ma destrozado por unos niveles de radiación letales para casi todas las formas vivas, y complejas ecologías microbianas perfectamente adaptadas a las venenosas aguas piríticas de Río Tinto, en Huelva. Todas estas formas de vida en condiciones extremas son de particular interés para la astrobiología, la disciplina científica que busca, o se prepara para buscar, formas de vida en otros planetas del Sistema Solar, y en otros sistemas solares ajenos al nuestro, puesto que fuerza a incluir en la búsqueda, como posibles marcos para la vida, unos entornos planetarios previamente considerados inhóspitos. De un interés más directo para la astrobiología, pero también en la zona más roja que alcanza la aguja de la polémica y el escepticismo, están las evidencias obtenidas por científicos de la NASA de fósiles bacterianos en el meteorito Orgueil, un objeto celeste caído en Francia en el siglo XIX, de probable origen cometario, y un icono de la investigación en el campo: no

¿Qué es la vida?

La mayor parte de los científicos coinciden en una definición de vida que debe incluir tres componentes:

- Un sistema de replicación, como es el ADN en el caso de la vida terrestre. Debe sacar copias de sí mismo y contener, en una forma compacta, la información para generar el resto de los componentes del sistema biológico.
- Un metabolismo, o conjunto de reacciones químicas que le permitan utilizar alguna fuente de energía externa para sintetizar sus propios componentes a partir de los materiales del entorno.
- Una membrana que le sirva para distinguirse a sí mismo del entorno, y para filtrar los materiales que le interesa importar de los que conviene mantener fuera o expulsar.

solo fue investigado por Pasteur poco después de su caída en suelo francés, sino que también fue objeto de uno de los más célebres y embarazosos fraudes científicos —o más bien pseudocientíficos— de la historia. El fraude se perpetró en el siglo XIX, pero no se detectó hasta 1962, cuando un equipo de investigadores examinó uno de los fragmentos del meteorito Orgueil que había permanecido casi un siglo sellado en la vitrina de un museo. Aparecieron granos de arena, semillas y trozos de un juncos europeo. De la especie *Juncus conglomeratus*, para ser más exactos. Nadie sabe quienes fueron los embaucadores que prepararon aquel *estofado* botánico hace 150 años, ni por qué lo hicieron. Cabe especular que pretendieron forzar un argumento a favor del origen cósmico de la vida terrícola. Y también cabe imaginar la magnitud de su decepción al ver cómo su chapucera obra maestra se archivaba en un museo sin haber sido analizada por nadie.

Pero el meteorito en sí mismo no es ningún fraude. El 14 de mayo de 1864, un objeto celeste de unos 12 kilos —un tamaño considerable— se hizo aparente en el cielo del sur de Francia y se desintegró en una veintena de fragmentos que cayeron a la vista de todo el mundo en las cercanías del pueblecito de Orgueil, unos 100 kilómetros al norte de los Pirineos, no lejos de Toulouse. Los vecinos buscaron enseguida los fragmentos caídos, que variaban entre el tamaño de una pelota de tenis y el de un balón de fútbol. Desde el primer momento resultó obvio que el meteorito estaba hecho de sustancias orgánicas, el tipo de moléculas basadas en cadenas de carbono que constituyen a todos los seres vivos. Los fragmentos, por ejemplo, podían cortarse con facilidad con un simple cuchillo, y podían usarse para dibujar como si fueran un lápiz. Los científicos franceses se interesaron por el meteorito, y Marcellin Berthelot y otros destacados químicos de la época confirmaron pronto



cultura

Paul Auster habla de ‘Sunset Park’, su última novela



cultura

La agenda íntima de un Premio Nobel



pantallas

El sistema Android ya está en cien tipos de móviles

la presencia abundante de materiales orgánicos en las muestras.

Estos hechos llamaron la atención de Louis Pasteur, uno de los padres de la microbiología. Pasteur había refutado poco antes la teoría de la generación espontánea, al demostrar que los gusanos y microorganismos que aparecían al pudrirse la carne no provenían de la carne, sino de insectos que ponían sus huevos sobre ella, o de bacterias también llegadas del exterior que se reproducían óptimamente alimentándose de ese material en descomposición.

Pasteur pensaba que toda vida provenía de otra vida y, como extrapolación de esa idea, era contrario a la teoría de que la vida primigenia se hubiera originado en la Tierra a partir de la materia inerte. El meteorito de Orgueil sugería la posibilidad obvia de que la vida terrestre hubiera llegado del espacio exterior, y el gran científico puso lo mejor de su sabiduría y su técnica experimental a la tarea de buscar microbios activos en el interior del meteorito de Orgueil. Sin éxito.

Pero Richard Hoover, de la NASA, y Alexéi Rozanov, del Instituto Paleontológico de Moscú, presentaron en agosto de 2004 en Denver (Estados Unidos) una ponencia titulada *Nuevas evidencias de la presencia de microfósiles indígenas en las condritas carbonáceas*.

Las condritas carbonáceas son los meteoritos más infrecuentes —hay menos de cien impactos registrados en el planeta en toda la historia— y provienen de cuerpos celestes, probablemente cometas, que llevan vagando por el espacio desde los orígenes del sistema solar, hace 4.600 millones de años.

Son testigos de la infancia remota de nuestra vecindad. La más famosa de todas las condritas carbonáceas es justamente el meteorito de Orgueil, al que se refería el trabajo de Hoover y sus colegas de la NASA.

Hoover y Rozanov han descubierto en el interior del meteorito Orgueil los restos fósiles de unas estructuras biológicas muy bien conocidas por los microbiólogos: las alfombras de cianobacterias, unas asociaciones de microbios fotosintéticos (capaces de convertir la luz solar en energía biológica) que se cuentan entre los más antiguos rastros de vida fósil hallados en la Tierra, en depósitos de hace unos 3.500 millones de años. ¿Llegaría la vida a la Tierra en un meteorito similar al Orgueil, pero caído hace más de 4.000 millones de años?

“No creo que sea el caso”, responde Hoover en conversación telefónica con EL PAÍS. “De hecho, esa es una de las razones por las que nuestro trabajo ha sido más criticado. La gente dice: ‘¿Pero cómo van a ser esas estructuras más viejas que el Sistema Solar, si son tan parecidas a las formas de vida de la

Lo que podemos imaginar

La búsqueda de vida extraterrestre no solo está limitada por la tecnología y por la economía, sino también por la imaginación. El primer problema al que se enfrenta un astrobiólogo es saber qué es lo que tiene que buscar ahí fuera. Como dice uno de ellos, Mark Greener, parafraseando al físico británico Arthur Eddington: “La vida puede ser no solo más extraña de lo que imaginamos, sino también más extraña de lo que podemos imaginar”.

Un ejemplo muy reciente es el descubrimiento, aún polémico, de bacterias que no solo pueden vivir en las aguas repletas de arsénico del lago Mono de California, sino que hasta pueden incorporarlo a la estructura de su ADN. El ADN, como las demás biomoléculas que constituyen las células, se construye normalmente con los átomos fundamentales de

la vida: carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, azufre y fósforo. En la nueva bacteria, el arsénico puede sustituir al fósforo y convertirse así en un componente estructural de la doble hélice del ADN, el sustrato de la información genética.

Los proyectos del futuro inmediato para buscar vida fuera del Sistema Solar se concentrarán en las *firmas* químicas de la vida tal y como la conocemos, como la presencia de agua o de oxígeno en un planeta extrasolar. Los proyectos Darwin (europeo) y Terrestrial Planet Finder (estadounidense) se basan en interferómetros, o telescopios espaciales compuestos con un diámetro combinado de 50 metros.

Ese diámetro es necesario para poder distinguir las emisiones del planeta de las de la estrella alrededor de la que gi-

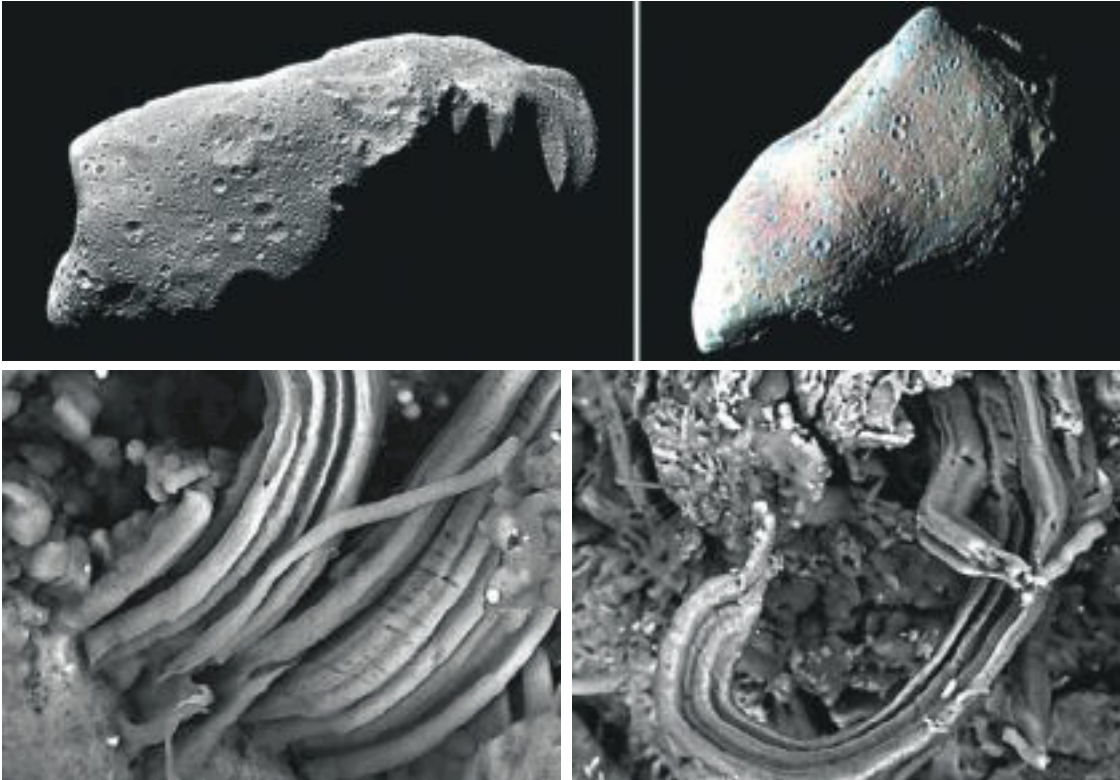
ra. El sistema deberá llevarse a una órbita cercana a la de Júpiter para eludir la interferencia de la luz zodiacal, reflejada por el gas y el polvo del sistema solar, y que es más débil cuanto mayor es la distancia al Sol.

Un aparato de ese tipo podrá distinguir un planeta a la distancia adecuada de una estrella como para contener agua líquida, y también medir el espectro de su luz reflejada para inferir qué gases forman su atmósfera.

Pero el mejor candidato en nuestro propio Sistema Solar es Europa, una luna de Júpiter que queda fuera de esa franja, y en el que el agua líquida, de confirmarse, es exclusivamente subterránea. En cuanto al oxígeno, la mayor parte de la historia de la vida en nuestro propio planeta ha existido y evolucionado en su virtual ausencia.

ción en el cosmos: ¿Es la vida una rareza de nuestro planeta? ¿O es un fenómeno generalizado, casi omnipresente, en el universo? ¿Cuán probable es su emergencia a partir de la mera química de la materia inerte? ¿Estamos solos? Si no es así, y expresándolo mediante la paradoja planteada hace medio siglo por el gran físico italoamericano Enrico Fermi: “¿Dónde está todo el mundo?”.

La pequeña leyenda de esta paradoja dice así: en 1950, Fermi salió a comer con dos colegas del laboratorio de Los Álamos. Uno de ellos era Edward Teller, que después alcanzaría la fama mundial como creador de la bomba de hidrógeno. En mitad de la comida, Fermi se quedó pensando: si la Vía Láctea tiene más de 200.000 millones de estrellas, la mitad con planetas en órbita; y si parte de ellos están en la zona compatible con la existencia de agua líquida, como la Tierra; y si en la Tierra surgió la vida, y después la inteligencia, lo mismo



Arriba, dos imágenes de asteroides. Abajo, imágenes de microfósiles indígenas en el meteorito de Orgueil. / NASA

Tierra? Es cierto que estoy convencido de que el meteorito de Orgueil, como otras condritas carbonáceas, son restos de cometas. Y no cabe duda de que contiene diamantes y otros materiales que hemos podido datar en 4.600 millones de años, y son por tanto más antiguos que el Sistema Solar. Pero no creo que las estructuras biológicas contenidas en él, los microfósiles, sean tan antiguas”.

“Los cometas”, prosigue explicando Hoover, “colisionan ocasionalmente con otros cuerpos del Sistema Solar; si ese cuerpo es, por ejemplo, Europa [un satélite de Júpiter con agua líquida, donde los científicos creen posible que haya vida microbiana], es perfectamente posible que durante la colisión el cometa capture formas de vida autóctonas que lue-

La NASA analizó fósiles bacterianos en el meteorito de Orgueil

Los primeros rastros de vida en la Tierra son de hace 3.500 millones de años

go puedan crecer y fosilizarse en el propio cometa; las colisiones pueden también ser indirectas, como sugiere el hecho de que muchos cometas tienen numerosos cráteres; los cometas son transportadores de vida de un lugar a otro del Sistema Solar, no sus lugares de origen”.

Hoover y sus colaboradores han presentado estos hallazgos en publicaciones de la NASA y actas de congresos científicos (por ejemplo). “Los enviamos a *Nature* y fueron rechazados”, dice con resignación. Al científico le parece “muy triste” la situación descrita por una famosa frase del astrofísico Carl Sagan: “Los anuncios extraordinarios requieren evidencias extraordinarias”. Dice que eso no ocurre en matemáticas: “Si tú demuestras un teorema, no importa lo extraordinario que sea: lo has demostrado y ya está”.

Todos estos hallazgos, desde los más aceptados hasta los más polémicos, suscitan inevitablemente algunas de las cuestiones más profundas, ancestrales y trascendentales que cabe imaginar sobre nuestra posi-

“Los cometas transportan vida de un lugar a otro del Sistema Solar”

Las civilizaciones de la galaxia son una o ninguna, incluida la nuestra

ha debido ocurrir en varios otros millones de planetas de nuestra galaxia hace miles de millones de años; y como colonizar la galaxia solo sería cuestión de unos pocos millones de años, los extraterrestres ya deberían haber llegado aquí. Punto en el que Fermi abandonó el cálculo mental para pronunciar en voz alta: “¿Dónde está todo el mundo?”. La paradoja de Fermi.

El astrofísico Frank Drake formalizó en 1961 el cálculo mental de Fermi, en lo que se conoce como la ecuación de Drake. La fórmula no es más que una multiplicación de una ristra de siete factores (la fracción de estrellas que tienen planetas; multiplicado por la fracción de planetas aptos para la vida en cada sistema solar; multiplicado por la fracción de esos planetas en los que de hecho surge la vida, etcétera), y calcula el número de civilizaciones alienígenas que debería haber ahora mismo en nuestra galaxia. Las que hay de hecho, por todo lo que sabemos hasta ahora, son una o ninguna, incluyendo la nuestra.



CENTRO DE ALTOS
ESTUDIOS UNIVERSITARIOS
CENTRO DE ALTOS
ESTUDOS UNIVERSITÁRIOS



Agencia Española
de Cooperación
Internacional
para el Desarrollo

Proyecto Iberoamericano de Divulgación Científica
Comunidad de Educadores Iberoamericanos para la Cultura Científica

Ficha de catalogación

Título:	¿Dónde está todo el mundo?	
Autor:	Javier Sampedro	
Fuente:	<i>El País</i> (España)	
Resumen:	¿Qué es lo que se necesita para que aparezca la vida? ¿Es posible la vida en condiciones extremas? ¿Podría haber materia viva en algunos meteoritos? ¿Podría ser extraterrestre el origen de la vida en la Tierra? Son interrogantes que oscilan entre la ciencia ficción y la astrobiología y que plantean la posibilidad de que la aparición de la vida en la Tierra no sea un acontecimiento extraordinario en el Universo.	
Fecha de publicación:	12/12/10	
Formato	☐	Noticia
	☒	Reportaje
	☐	Entrevista
	☐	Artículo de opinión
Contenedor:	☐	1. Los retos de la salud y la alimentación
	☐	2. Los desafíos ambientales
	☐	3. Las nuevas fronteras de la materia y la energía
	☒	4. La conquista del espacio
	☐	5. El hábitat humano
	☐	6. La sociedad digital
	☐	7. Otros temas de cultura científica
Referencia:	4ACH82	



CENTRO DE ALTOS
ESTUDIOS UNIVERSITARIOS
CENTRO DE ALTOS
ESTUDOS UNIVERSITÁRIOS



Agencia Española
de Cooperación
Internacional
para el Desarrollo

Proyecto Iberoamericano de Divulgación Científica
Comunidad de Educadores Iberoamericanos para la Cultura Científica

Propuesta didáctica
Actividades para el alumnado

1. Señala cuáles de las siguientes afirmaciones son verdaderas y cuáles falsas teniendo en cuenta lo que se dice en el texto sobre las posibilidades de la vida microbiana en el Universo:

1. Los científicos están de acuerdo en la existencia de bacterias capaces de alimentarse de arsénico.	V	F
2. Ahora se acepta que existen formas de vida en hábitats que antes se consideraban incompatibles con ella.	V	F
3. La astrobiología tiene gran interés en conocer casos de formas de vida existentes en condiciones extremas.	V	F
4. La existencia de vida requiere contar con un sistema de replicación, un sistema de metabolismo y una membrana que distinga al organismo del entorno.	V	F
5. Pasteur demostró que había microbios activos en el interior del meteorito de Orgueil, lo que confirmaba sus teorías.	V	F
6. Hoover y Rozanov sostienen que han descubierto que en el interior del meteorito de Orgueil hay restos fósiles de organismos pluricelulares, pero la revista Nature no ha aceptado su trabajo.	V	F
7. Aunque en ellos no se haya originado la vida, los cometas podrían haberla transportado de un lugar a otro del Sistema Solar.	V	F
8. Europa es el planeta extrasolar con las mejores condiciones para que pudiera albergar alguna forma de vida.	V	F
9. La ecuación de Drake prueba que es imposible la existencia de otras formas de vida en el Universo distintas a las que existen en la Tierra.	V	F
10. El título del artículo está relacionado con la paradoja de Fermi.	V	F

2. ¿Qué es la vida? Partiendo del contenido del reportaje redacta un ensayo que responda a esa pregunta.

3. En el reportaje se habla de dos grandes hallazgos muy importantes para la consideración de la posibilidad de que exista vida fuera de la Tierra. ¿Cuáles son esos descubrimientos? ¿Están aceptados por toda la comunidad científica?

4. En 1962 se detectaron las huellas de un fraude que afectó en el siglo XIX al meteorito de Orgueil. ¿En qué consistía ese fraude? ¿Qué se pretendía con él? Busca ejemplos de otros fraudes significativos en la historia de las ciencias.

5. ¿Quién era Pasteur? ¿Por qué estuvo interesado en estudiar el meteorito de Orgueil?

6. ¿Puede haber vida sin oxígeno? ¿Puede haber vida en aguas subterráneas? ¿Qué relación tienen esas cuestiones con el interés de estudiar Europa, el satélite de Júpiter?

7. ¿Qué es la astrobiología? ¿Dónde deben realizarse sus investigaciones? ¿Qué instrumentos utiliza?

8. *“La vida puede ser no sólo más extraña de lo que imaginamos, sino también más extraña de lo que podemos imaginar”.* ¿Qué quiere decir esa frase de Mark Greener? ¿Qué implicaciones tiene para las posibilidades del conocimiento científico sobre la vida fuera de la Tierra?

9. ¿En qué consiste la ecuación de Drake? ¿De dónde procede y qué significa la pregunta que da título al reportaje?

10. Imagina que se demuestra sin lugar a dudas la existencia de vida fuera de la Tierra de acuerdo con la caracterización que aparece en este reportaje. Un periódico encarga a dos científicos que opinen sobre la relevancia de tal hallazgo para la probabilidad de encontrar vida inteligente en otros lugares del Universo. Imagina cuáles serían sus argumentos considerando que tienen opiniones opuestas sobre ese tema.



CENTRO DE ALTOS
ESTUDIOS UNIVERSITARIOS
CENTRO DE ALTOS
ESTUDIOS UNIVERSITÁRIOS



Agencia Española
de Cooperación
Internacional
para el Desarrollo

Proyecto Iberoamericano de Divulgación Científica
Comunidad de Educadores Iberoamericanos para la Cultura Científica

Propuesta didáctica
Sugerencias para el profesorado

- De entre las actividades propuestas conviene elegir cuáles se adaptan mejor al grupo y a sus intereses. En todo caso, antes de proponer la realización de las actividades se recomienda una lectura atenta del texto.
- La actividad 1 facilita el análisis del contenido del texto. Su revisión permitirá aclararlo y resolver posibles dudas. La actividad 2 sugiere redactar un ensayo que, partiendo del contenido del reportaje, analice la definición de la vida. La actividad 3 intenta sacar partido a un aspecto que aparece tangencialmente en el texto, el referido al consenso de la comunidad científica en la aceptación de determinados descubrimientos especialmente novedosos. Las actividades 4 y 5 se centran en el caso del meteorito de Orgueil comentado en el reportaje. La actividades 6 y 7 proponen comentar el significado de la investigación en astrobiología tanto en sentido general como en un caso concreto. Las actividades 8 y 9 proponen reflexionar sobre algunos contenidos especialmente sugerentes del reportaje, mientras que la actividad 10 sugiere explorar tentativamente a partir de un diálogo imaginario las relaciones entre la existencia de materia viva y la existencia de vida inteligente en el Universo.
- Aunque las actividades propuestas están redactadas para ser realizadas individualmente, varias de ellas son especialmente propicias para ser desarrolladas en equipo o incluso en debate abierto con toda la clase. Es especialmente interesante, en este sentido, compartir los trabajos sobre las actividades 2, 4 y 5.
- Podría ser oportuno registrar algunos de los comentarios y las respuestas que aparecen en el aula en torno a las actividades 8, 9 y 10. Tales apreciaciones pueden ser útiles para entender las percepciones que los jóvenes tienen sobre temas tan sugerentes como los de la investigación acerca de la posibilidad de la existencia de vida en otros lugares del Universo.