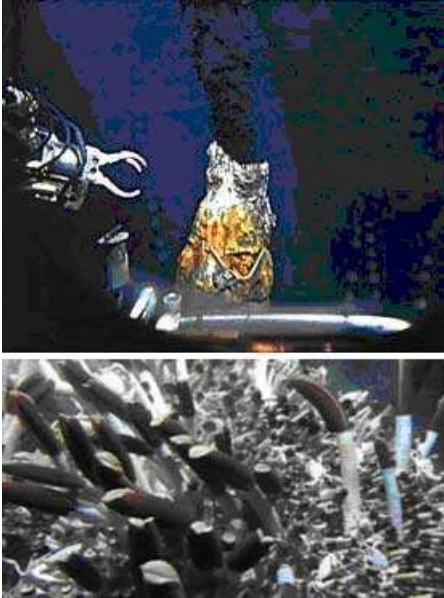


Los organismos extremófilos

La vida en condiciones extremas

Durante mucho tiempo se pensó que era imposible encontrar algún organismo que viviera en sitios con condiciones extremas, inhabitables para la gran mayoría de los organismos conocidos: temperaturas superiores a 80°C, presiones aplastantes, oscuridad total, altas concentraciones de sales o minerales, ambientes muy ácidos, o sitios de temperaturas extremadamente bajas. No obstante, cuando las técnicas utilizadas para explorar esos nichos tan extremos se perfeccionaron, se pudo encontrar una diversidad de organismos que habitan en ellos. Se los conoce como extremófilos, amantes de las condiciones extremas, y pueden ser bacterias, plantas o animales.



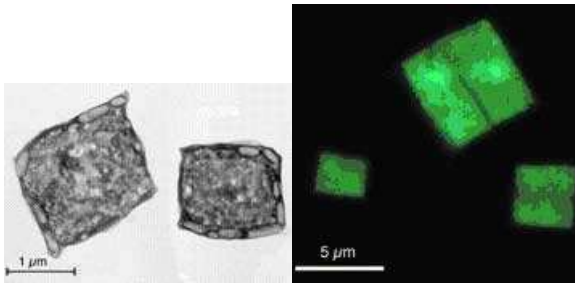
La imagen superior muestra un respiradero "chimenea", captada por un sumergible de gran profundidad. En lugar de la fotosíntesis, los microorganismos que viven dentro y alrededor de los oscuros respiraderos obtienen compuestos orgánicos mediante un proceso llamado quimiosíntesis, a partir de sustancias simples que se originan dentro de la misma Tierra, en el agua que surge del suelo marino. El agua negra supercalentada que emana del respiradero, provee de compuestos químicos energéticos que sustentan a los gusanos-tubos (foto inferior) y otros organismos que se desarrollan en este hábitat.

Fuente: <http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2001/ast13apr'1.htm>

Los extremófilos se encuentran en los géiseres o chimeneas negras de los fondos de los océanos, donde se expulsa agua a más de 200°C a una profundidad tal que soportan una presión extrema; también en las salinas o el Mar Muerto, donde la concentración de sal supera varias veces la concentración normal para el desarrollo de vida. Otros extremófilos son los que viven en minas o plantas de desechos industriales, y que pueden obtener energía a partir de compuestos inorgánicos con azufre o hierro.

Los extremófilos que habitan en altas temperaturas son conocidos como termófilos, los que habitan a bajas temperaturas, psicrófilos, los que viven en altas concentraciones salinas son denominados halófilos, los que viven en sitios de pH ácido, acidófilos y los de pH básico, alcalófilos.

Existen microorganismos conocidos como metanógenos que son capaces de generar metano (CH₄), un gas combustible, en condiciones anaeróbicas (sin oxígeno). Estos organismos viven en el fondo de depósitos acuáticos y en el rumen de algunos mamíferos herbívoros (rumiantes). El rumen es el órgano digestivo donde se lleva a cabo la degradación de celulosa y otros polisacáridos mediante la actividad microbiana, ya que estos animales carecen de las enzimas necesarias para digerirlos.



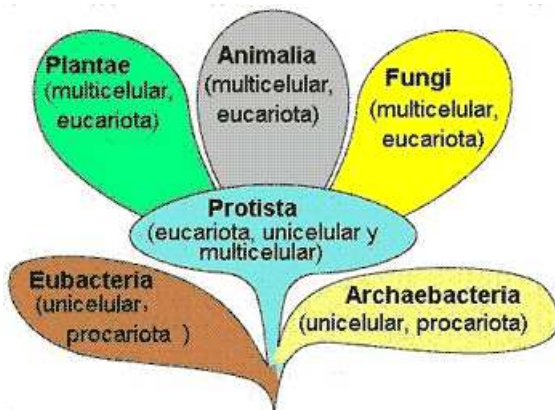
Bacterias cuadradas que adoran la sal, por primera vez en el laboratorio

Las fotografías muestran bacterias de forma cuadrada y delgadas, de unos 0,15 micrones, que viven en ambientes con altísimas concentraciones de sales (halófilas). El microbiólogo británico Anthony Walsby las descubrió en un estanque hiper-salino cerca del Mar Rojo, en 1980. Se las creía incultivables en condiciones de laboratorio. Sin embargo, ahora se ha logrado cultivarlas empleando medios de cultivo que contienen al menos 18% de sal, casi como la concentración salina de la salsa de soja. Además, estas bacterias crecen muy lentamente, a razón de uno o dos días por ciclo, mientras que *Escherichia coli* emplea unos 20 minutos por ciclo. Ahora que se pudieron cultivar, los taxónomos deberán analizarlas y darles un nombre "oficial", que podría ser *Haloquadratum walsbyi*, en honor a su descubridor.

Fuente: Novedades Biotecnología novedades1@porquebiotecnologia.com.ar 14 de octubre de 2004, y <http://www.nature.com/news/2004/041011/full/041011-3.html>

Características de los extremófilos

Los extremófilos son mayoritariamente microorganismos procariontes pertenecientes a las Eubacterias y las Archaeobacterias (o Arqueas). Si bien estos microorganismos comparten la característica de ser unicelulares procariontes, estudios moleculares recientes han demostrado que las Arqueas tienen un funcionamiento a nivel molecular más similar a las células eucariotas. Por tal motivo, estos dos grupos de organismos procariontes están ubicados en dominios distintos, como se indica en el siguiente esquema:



El esquema representa los tres grandes dominios en que actualmente se clasifica a los seres vivos: Eubacteria, Archaeobacteria y Eucaria (que incluye protistas, hongos, plantas y animales). Las Archaeas comparten propiedades con los organismos del dominio Eubacteria y con los del dominio Eucaria. Tienen la simplicidad, versatilidad y adaptabilidad de las Eubacterias, pero sus procesos celulares de replicación del ADN, transcripción y traducción están más relacionados con los organismos eucariotes.

Fuente: Facultad de Agroindustrias de la Univ. Nacional del Nordeste.
<http://fai.unne.edu.ar/biologia/biodiversidad/biodiversidad.htm>

La supervivencia de los extremófilos es posible debido a que sus células tienen componentes y propiedades particulares que les permiten mantenerse estables en el entorno en el que viven. Algunas de estas propiedades se detallan a continuación:

- Contienen enzimas estables. Por ejemplo, los termófilos tienen enzimas que no se desnaturalizan a altas temperaturas y protegen al ADN para evitar su degradación. Estas enzimas, al igual que las que funcionan a bajas temperaturas o a pH extremos, son conocidas como extremozimas.
- La membrana celular no es una bicapa de lípidos, como en el resto de los seres vivos, sino una monocapa, con uniones químicas distintas a las de las membranas convencionales, que le otorga mayor estabilidad.
- Los que habitan en sitios muy salinos (halófilos) acumulan sales también intracelularmente, y así mantienen un equilibrio osmótico con el medio que los rodea sin deshidratarse.
- Los que habitan en glaciares acumulan solutos que impiden que se congelen (similar a la función que cumple el anticongelante en un auto).
- Los que metabolizan compuestos inorgánicos tienen enzimas que le permiten hacerlo.

Extremófilos y Genómica

Si se tiene en cuenta que las características de los seres vivos están determinadas por la información genética, las propiedades particulares de los extremófilos estarían indicando alguna diferencia a nivel de sus genes. Por este motivo, estos organismos resultan de gran interés para el estudio genómico, y algunos de ellos han sido incluidos en diversos Proyectos Genoma. Entre los genomas ya secuenciados se encuentran los de las especies:

- *Archaeoglobus fulgidus*, metabolizadora de azufre y productora de distintos compuestos aromáticos,
- *Methanococcus jannaschii*, metanogénica habitante del fondo de los océanos,
- *M. Thermoautotrophicum*, metanogénica aislada de sitios de biodegradación. Esta última especie sirve como modelo para comprender mecanismos de biodegradación y ciclo de la materia.
- Está avanzada la secuenciación del genoma de dos arqueobacterias termofilicas que crecen entre 70 y 106°C en profundidades volcánicas (*Pyrobaculum aerophilum* y *Pyrococcus furiosus*), que presentan el atractivo de poder proveer de enzimas que puedan ser utilizadas en procesos industriales de alta temperatura.
- Se estudió la especie *Sulfolobus acidocaldarius* que habita ambientes volcánicos con alto contenido en azufre, pH ácido y temperaturas de hasta 90 °C.

Biosferas ocultas de la Tierra

Dos recientes descubrimientos en el campo de la astrobiología desafían nuestros principales supuestos acerca de una comunidad biológica integrada en la Tierra. A nivel microbiano, que podría haber biosferas ocultas existiendo en la Tierra junto con nuestros vecinos más conocidos. Una comunidad de este tipo ha sido encontrada enterrada profundamente, mientras que la otra vive en el mar junto con otras formas de vida más conocidas.

Potencialmente, entre los descubrimientos recientes más importantes para la astrobiología está el hallazgo de formas de vida profundamente enterradas que parecen desarrollarse independientemente de la biosfera superficial conocida, que está animada por la luz solar. Estos microorganismos, descubiertos en agua subterránea caliente a 2.8 km de profundidad en una mina de oro de Sudáfrica, obtienen su energía en última instancia a partir de compuestos químicos -hidrógeno y

sulfatos- producidos por un lento decaimiento de elementos radioactivos en las rocas. La existencia de una comunidad microbiana profundamente subterránea en la Tierra plantea que podrían existir biósferas aisladas semejantes en otros planetas, como Marte, a pesar de las condiciones hostiles reinantes en sus superficies.

Un importante equipo internacional de investigación, liderado por científicos de las Universidades de Princeton e Indiana y respaldado en parte por el Instituto de Astrobiología de la NASA, anunció su descubrimiento en una monografía publicada en la edición del 20 de Octubre de 2006 de la revista Science. El autor principal de la monografía es Li-Hing Lin, perteneciente en este momento a la Universidad Nacional de Taiwán, pero que comenzó su trabajo como estudiante graduado de Princeton. Los científicos aprovecharon una fractura inundada de agua cruzada durante una perforación en una profunda mina de oro cerca de Johannesburgo. Comenzaron a recolectar muestras de agua a los pocos días de flujo inicial para asegurar una mínima contaminación, y continuaron extrayendo nuevas muestras durante varios meses.

Utilizando modernas herramientas de análisis genético, compararon los microorganismos con otras comunidades microbianas anaeróbicas que obtienen su energía a partir de la reducción de sulfato. Un estudio detallado de la composición química del agua indica que hay suficiente sulfato e hidrógeno de origen natural como para sostener la vida indefinidamente. La base de la cadena alimentaria es un reductor de sulfato que pertenece al filum llamado Firmicutes, y los otros microbios en la comunidad pueden subsistir gracias a los productos que obtienen a partir de su productor primario. El agua misma fue datada en decenas de millones de años, un tiempo durante el cual no ha tenido contactos físicos o químicos con el mundo de más arriba, más conocido.

En los últimos años, los científicos han descubierto muchas comunidades de microorganismos que viven bajo condiciones que antes se consideraban imposibles para la vida. Los extremófilos pueden prosperar bajo condiciones de temperaturas muy altas o muy bajas, o una composición química ácida o alcalina, o una elevada salinidad que mataría a microorganismos más conocidos de la superficie. Algunos de estos extremófilos viven en comunidades en respiraderos hidrotermales en las profundidades del océano o dentro de rocas, a cientos de metros bajo la superficie. Sin embargo, hasta ahora la "biosfera profunda" parecía necesitar, por lo menos indirectamente, un contacto con la atmósfera. Este descubrimiento, hecho en un ambiente mucho más profundo y aislado, representa un avance fundamental, revelando una forma de vida alienígena dentro de la Tierra.

Este descubrimiento puede proporcionar indicios claves sobre la habitabilidad de Marte y otros planetas con superficies hostiles pero agua caliente en el interior. Las misiones de la NASA revelaron que Marte alguna vez tuvo un ambiente superficial más apto para la vida, con agua líquida y luz solar, circunstancias bajo las cuales la vida puede haberse formado y prosperado hace miles de millones de años. Quizás el remanente de aquella vida persista bajo su superficie, en ambientes como este mar sin sol en la Tierra.

El segundo descubrimiento excitante es el de una hasta ahora desconocida "biósfera rara" que coexiste con formas de vida más conocidas en lo profundo del océano. Los descubridores son un equipo de científicos del Laboratorio Biológico Marino de Woods Hole y el Real Instituto Holandés para la Investigación Marina, bajo la conducción de Mitch Sogin, quien también es el PI para el equipo del MBL en el NAI. Los científicos utilizaron nuevas herramientas de análisis genético para buscar las poblaciones microbianas dominantes para extraer muestras de los microbios mucho más raros que antes no habían sido detectados, usando muestras recogidas de agua marina normal y el agua caliente asociada con los respiraderos hidrotermales. Su trabajo fue publicado en los Proceedings de la Academia Nacional de Ciencias del 8 de agosto de 2006.

Este nuevo análisis revela una importante diversidad dentro de esta rara biósfera. La técnica utilizada, si bien no permite el aislamiento de organismos individuales para su estudio, sí posibilita la elaboración de cálculos estadísticos de la población. Pero aunque el número de tales microorganismos es pequeño, hay por lo menos una diversidad de especies 100 veces mayor de lo que se preveía.

Qué están haciendo estos diversos organismos? En cierto modo, no son muy exitosos, dado que son superados en número ampliamente por especies más conocidas. Sin embargo, ellos subsisten en pequeños números. Quizás representen una clase de "sistema de seguridad" natural o fuerza de reserva que puede entrar en acción si las condiciones ambientales cambian de manera tal que amenace al ecosistema dominante. Podrían ser parte de la estrategia de la vida para sobrevivir ante cambios ambientales catastróficos. El próximo desafío es calcular los patrones globales de esta "rara biósfera" y comenzar a caracterizar a sus especies individuales.