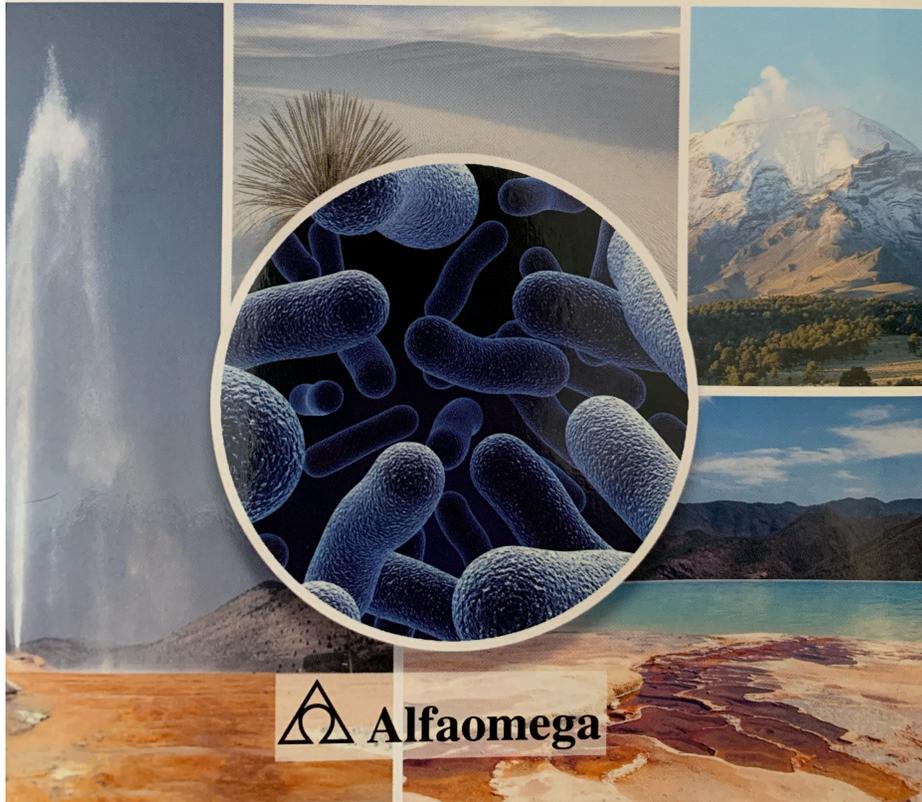


Microorganismos.

La vida en ambientes extremos

NINFA RAMÍREZ DURÁN
HORACIO SANDOVAL TRUJILLO
RAMÓN A. BATISTA GARCÍA



Sección 9. Aplicaciones de las extremoenzimas

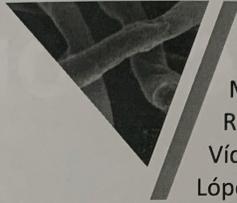
Capítulo 9.1. Aplicación de enzimas extremófilas en la formulación de detergentes.....	96
<i>Juan Carlos Coronado-Corral, María Isabel Estrada Alvarado, Lilia Arely Prado-Barragán, Luis Alberto Cira Chavez</i>	
Capítulo 9.2. Lipasas de Bacterias Extremófilas.....	100
<i>Jorge R. Velázquez Milanés, César O. Gacía Hernández, Cristina Ventura Canseco, Sandy Luz Ovando Chacón, Peggy E. Álvarez-Gutiérrez</i>	

Sección 10. Otros ejemplos de extremófilos

Capítulo 10.1. <i>Bacillus subtilis</i> , ¿extremo yo?.....	106
<i>Marisela Aguirre-Ramírez, Víctor Antonio López-Ruiz</i>	
Capítulo 10.2. Las familias ubicuas de virus extremos.....	110
<i>Sonia Dávila Ramos</i>	
Capítulo 10.3. Actinobacterias halófilas, extraordinarias productoras de moléculas con aplicaciones médicas.....	114
<i>Ninfa Ramírez Durán</i>	
Capítulo 10.4. Los Halófilos y yo.....	118
<i>Ángel Horacio Sandoval y Trujillo</i>	

Capítulo 10.1

Bacillus subtilis, ¿extremo yo?



Marisela Aguirre-
Ramírez* y
Víctor Antonio
López-Ruiz

Departamento de Ciencias Químico-Biológicas, Instituto de Ciencias Biomédicas,
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

* Autora para correspondencia: marisela.aguirre@uacj.mx

Cuando me invitaron a hablar sobre mis cualidades de extremófila pensé: Solamente soy una bacteria con buen abrigo (pared celular muy gruesa), mesófila (aparentemente no me gusta andar por lugares inhóspitos), ubicua (bien repartida por los suelos y mares del mundo) e inocua para el humano (aunque me encanta contaminar sus alimentos y reducir las fechas de caducidad). De hecho, me usan mucho para mejorar los cultivos porque estimulo el crecimiento de algunas plantas de interés comercial (hortalizas, tubérculos y árboles frutales, por mencionar algunos) y evito que los fitopatógenos las ataquen (biocontrol). Además, no es por presumir, pero todos en el mundo científico e industrial me conocen. Mi información genética ha sido completamente descifrada (en esto tiempos de la secuenciación masiva, quién no); así como muchos de mis secretos metabólicos han sido revelados, digamos mi capacidad de aguantar la respiración (anaero-

bia facultativa), por ejemplo. Soy la bacteria Gram positiva mejor estudiada; equivalente a mi contra parte Gram negativa *Escherichia coli*.

Debido a mi fácil manejo y propagación en ambientes controlados como laboratorios o fábricas, el humano me utiliza para la producción masiva de productos que ayudan a lavar la ropa (surfactina), a controlar infecciones (bacitracina, iturina y fengycina) o las tromboembolias (nattocinasa). La industria me considera un organismo GRAS (Generalmente Reconocido como Seguro, por sus siglas en inglés) y me emplea, además, en la producción de bioetanol, alfa-amilasa (industria del papel) o en tratamientos de aguas contaminadas.

Una característica particular, cualidad extendida en todos los miembros del género al que pertenezco (*Bacillus*), es la formación de endoesporas; las cuales son células en estado vegetativo con una corteza muy gruesa que se forman dentro de una célula madre, que muere con la liberación de la espora (no es tan malo como suena). Puedo formar estas estructuras cuando las condiciones del ambiente son poco favorables, como la falta de nutrientes, y desafiar los límites de lo posible al resistir condiciones de altas o bajas temperaturas, falta de agua, altos niveles de radiación, químicos corrosivos, altas concentraciones de sal, abrasión física, etc. Empecé a sospechar que podría ser considerada una especie extremófila cuando resistí el tránsito por el aparato digestivo de diversos animales.

Mis esporas pueden dispersarse fácilmente por el aire, el agua y, como ya he mencionado, como pasajero de otras especies. Esta adaptación biológica me ha permitido viajar y visitar lugares inimaginables para el hombre. Recientemente he sido encontrada dentro de rocas basálticas del desierto de Sonora, en las ventilas hidrotermales del canal de Okinawa (cepa virulenta para peces y ratones), a 3000 m de profundidad en el océano Pacífico y en las pozas de Cuatrociénegas, Coahuila, entre otros paraísos.

De hecho, les causo bastantes problemas a los humanos debido a que puedo permanecer en superficies inertes por largo tiempo, inclusive habiendo desinfectado o esterilizado dichos lugares. A los científicos les preocupa la posibilidad de contaminar ambientes extraterrestres, como la superficie de Marte (porque ya sabemos que queremos ir a vivir allá, ¿verdad?). Resulta, que mis esporas se han encontrado en módulos de la Estación Espacial Internacional, sin que nadie las haya puesto ahí a propósito.

Sobrevivir en el espacio exterior no es una tarea fácil. Cuando uno sale de las comodidades que la Tierra ofrece, te enfrentas a situaciones realmente extremas, como la radiación solar directa o los rayos cósmicos, las bajas temperaturas, la gravedad cero y, por supuesto, nada de oxígeno, agua o comida (vacío total). Los científicos han realizado un gran número de experimentos preguntándose sobre mi tolerancia a dichas condiciones, con el fin de entender los límites a los que puedo llegar y he dado varias sorpresas. Puedo sobrevivir a la hipervelocidad en meteoritos artificiales; a la radiación ultravioleta que recibirían los robots y naves enviados a Marte, a los rayos cósmicos, microgravedad y gravedad cero (ambientes simulados). Inclusive pasé más de un año dando vueltas a la Tierra (experimento EXPOSE-E) y regresé como si nada. Bueno, fuimos miles de millones de nosotras, pero solo regresamos vivas algunos centenares.

Por eso, todo se lo debo a mi ENDOESPORA. Esta increíble adaptación biológica ha sido resucitada después de pasar 10 años en una roca de sal, en suelo marciano simulado, en el aire o en el aire sin oxígeno. Además, esporas de mis primas-hermanas (género *Bacillus*) han sido activadas después de 30 mil años congeladas en los hielos perpetuos de Siberia, o almacenadas en el abdomen de abejas preservadas en ámbar (25 a 40 mil años de antigüedad); incluso, a partir de un cristal del Salado de Permian de 250 millones de años. Eso significa que mi linaje es de los más antiguos del planeta.

Pero, no solo mis esporas han sido retadas a sobrevivir en condiciones extremas. Mis células nadadoras (planctónicas) han sido retadas a crecer en un medio con 10 mil veces menos nutrientes de lo normal (ambiente oligotrófico), en el cual logré dividirme cada cuatro días. Después de lo que les he contado, es posible que pertenezca al club de los extremófilos y yo sin saberlo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alekhova T., Zakharchuk L., Tatarinova N.Y., Kadnikov V.V., Mardanov A.V., Ravin N.V., Skryabin K.G. (2015) Diversity of bacteria of the genus *Bacillus* on board of international space station. *Dokl Biochem Biophys* 465:347–50. <https://doi.org/10.1134/S1607672915060010>.
2. Benardini J.N., Sawyer J., Venkateswaran K. & Nicholson W.L. (2003) Spore UV and acceleration resistance of endolithic *Bacillus pumilus* and *Bacillus subtilis* isolates obtained from Sonoran Desert basalt: implications for lithopanspermia. *Astrobiology* 3:709–17. <https://doi.org/10.1089/153110703322736033>.
3. Gray D.A., Dugar G., Gamba P., Strahl H., Jonker M.J. & Hamoen L.W. (2019) Extreme slow growth as alternative strategy to survive deep starvation in bacteria. *Nature Communications* 10:890. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-08719-8>.
4. Nicholson W.L., Munakata N., Horneck G. Melosh H.J. & Setlow P. (2000) Resistance of *Bacillus* endospores to extreme terrestrial and extraterrestrial environments. *Microbiol Mol Biol Rev* 64:548–72. <https://doi.org/10.1128/mubr.64.3.548-572.2000>.
5. Vreeland R.H., Rosenzweig W. & Powers D. (2000) Isolation of a 250 million-year-old halotolerant bacterium from a primary salt crystal. *Nature* 407:897–900. <https://doi.org/10.1038/35038060>.