

## **Diversidad y Función de las Pirofosfatasa de Bacterias Fotosintéticas Púrpura No Sulfurosas.**

**Romero Irma**

Departamento de Bioquímica, Facultad de Medicina, UNAM.  
Edificio D, 1er piso. Circuito Interior de Cd. Universitaria, México, 04510, D.F.  
Tel. 56 23 25 11, Fax. 56 16 24 19, iromero@ifc.unam.mx

Las bacterias púrpura no sulfurosas (Rhodospirillaceae) se encuentran ampliamente distribuidas en la naturaleza, principalmente en pantanos y aguas estáticas, donde existe una rápida producción y descomposición de materia. Estas bacterias son únicas por la gran plasticidad metabólica que presentan ya que pueden desarrollarse en condiciones anaeróbicas en la luz, tanto fotoautotróficamente como fotoheterotróficamente, reduciendo compuestos inorgánicos u orgánicos, respectivamente, así como en condiciones aeróbicas por oxidación de sustratos (respiración) y por fermentación (3). En el crecimiento respiratorio, la membrana es plana, pero al inducir el crecimiento fotosintético, en anaerobiosis, se desarrollan invaginaciones de la membrana, denominadas cromatóforos, donde está el aparato fotofosforilante. La gran versatilidad metabólica de estas bacterias, aunada a otras características como la facilidad de cultivarlas, la obtención de membranas y la disponibilidad de mutantes, han permitido que estas bacterias hayan sido usadas como un excelente modelo para estudios en bioenergética.

Dentro del metabolismo de cualquier organismo las pirofosfatasa citosólicas tienen un papel esencial ya que son las encargadas de hidrolizar al pirofosfato (PPi) producido en las reacciones anabólicas y de esta manera darle direccionalidad a los procesos biosintéticos. De este tipo de enzimas se distinguen dos familias: I y II (PPasa-I y PPasa-II), que estructural, molecular y bioquímicamente son diferentes (9). Por otra parte, también existe una pirofosfatasa membranal que sólo se ha encontrado en algunas bacterias, en las vacuolas de los tripanosomátidos y en vacuolas de plantas. Esta es una proteína integral de membrana que acopla la hidrólisis de PPi a la translocación de  $H^+$  ( $H^+PPasas$ ) (1 y 5).

Las bacterias fotosintéticas púrpura no sulfurosas presentan, como la mayor parte de los organismos, PPasas citosólicas; en 1971, el grupo de Klemme realizó la caracterización preliminar de algunas de éstas PPasas y determinó diferencias en el requerimiento de cationes divalentes para su estabilidad. (6). Recientemente nuestro grupo demostró, mediante análisis bioquímico y molecular, que las bacterias fotosintéticas de la familia de las Rhodospirillaceae es un grupo especial ya que algunos de sus miembros presentan PPasas citosólicas de familia I, mientras que otras especies contienen PPasas de la familia II (2 y 8). Es muy interesante el hecho de que en un mismo grupo de bacterias se presenten las dos familias de PPasas, lo cual podría explicarse por transferencia horizontal de genes.

En algunas bacterias fotosintéticas como *Rhodospirillum rubrum* existe, además de la PPasa citosólica, una  $H^+PPasa$  (1). Aparte de coexistir los dos tipos de enzima en esta bacteria, la característica que la hace única, es que la  $H^+PPasa$  no solo es capaz de hidrolizar al PPi (creando un gradiente de  $H^+$ ), sino también puede sintetizarlo utilizando el gradiente electroquímico de  $H^+$

producido por la cadena de transporte de electrones (1). Por lo tanto, es hasta el momento la única enzima, que en condiciones naturales es un modelo alternativo a la H<sup>+</sup>ATP sintasa en producir un enlace de alta energía acoplada al transporte de electrones.

La presencia simultánea de estas dos PPasas debe requerir una estricta regulación para que no se presente desperdicio de energía, por lo que la pregunta sería ¿cuál es la función de la H<sup>+</sup>PPasa en estas bacterias?. Mediante el estudio de una mutante sin H<sup>+</sup>PPasa se ha encontrado que su papel en el metabolismo es colaborar en el crecimiento en condiciones de baja energía, como en el crecimiento aeróbico a bajas concentraciones de oxígeno, la transición del metabolismo respiratorio a fotosintético y en el crecimiento fotosintético a intensidades luminosas bajas (4). Así mismo, se ha reportado que el gen de la H<sup>+</sup>PPasa se induce en respuesta a condiciones de estrés indicando una fuerte regulación transcripcional (7). En estas situaciones la H<sup>+</sup>PPasa debe estar generado gradiente electroquímico de H<sup>+</sup> para ser utilizado entre otras cosas, para la síntesis de ATP, esto indicaría que las bacterias fotosintéticas usan al PPI como una fuente de energía de “bajo costo”, permitiéndoles una importante ventaja adaptativa.

La presencia de la H<sup>+</sup>PPasa dentro de la familia de las Rhodospirillaceae pudiera ser también un requerimiento indispensable para su crecimiento en intensidades luminosas bajas (similares a las de su hábitat natural), ya que solo las especies que la poseen naturalmente pueden crecer en esas condiciones (4). Sin embargo, es probable que en esta capacidad de crecimiento intervengan varios factores, como el tipo de PPasa citosólica que posean las bacterias. Hemos encontrado que las especies que tienen H<sup>+</sup>PPasa, poseen PPasa-I, mientras que las que carecen de ésta, poseen PPasa-II (2 y 8). Por lo que es importante determinar si existe una relación fisiológica-funcional entre las PPasas citosólicas y membranales en las bacterias fotosintéticas púrpura no sulfurosas.

### **Referencias.**

1. Baltscheffsky H, Von Stedingk LV, Heldt HW y Klingenberg M (1966) *Science* 153:1120-1122.
2. Celis H, Franco B, Escobedo S y Romero I. (2003) *Arch Microbiol* 179:368-76.
3. Clayton R K y Sistrom, W R (1978) *The Photosynthetic Bacteria*. New York y London. Plenum Press. 946 pp.
4. García-Contreras R, Celis H y Romero I (2004) *J. Bacteriol.* 186:6651-6655.
5. Heinonen J K (2001) *Biological role of inorganic pyrophosphate*. Kluwer Academic Publishers, USA, 250 pp.
6. Klemme JH, Klemme B y Gest H (1971) *J Bacteriol* 108, 1122-1128
7. López-Marques R, Pérez-Castiñeira JR, Losada M y Serrano A (2004) *J. Bacteriol.* 186:5418-5426.
8. Romero I, García-Contreras R y Celis H (2003) *Arch. Microbiol.* 179:377-80.
9. Young TW, Kuhn NJ, Wadson A, Ward S, Burges D y Cooke GD (1998) *Microbiology* 144:2563-2571

**Agradecimientos.** Apoyado parcialmente por PAPIIT No IN214405.