

## El anillo de fuerza y su papel en la división celular bacteriana

Ines Hörger, Enrique Velasco, Marisela Vélez y Pedro Tarazona\*

*Departamento de Física Estadística de la Materia Condensada  
Universidad Autónoma de Madrid*

Hasta el día de hoy el mecanismo de la división celular bacteriana no se ha podido describir en términos biofísicos. Las imágenes de microscopía muestran los diferentes estados de la célula a lo largo del proceso de división pero todavía no hay certezas sobre el origen de la fuerza necesaria para deformar la membrana bacteriana hasta su fisión. Se supone que uno de los actores principales de este proceso es la proteína FtsZ. Esta proteína es la primera que se concentra en el lugar de la división celular formando una estructura llamada anillo de fuerza.

El trabajo que voy a presentar consta de dos partes. En la primera parte proponemos un mecanismo de generación de fuerza por filamentos de FtsZ. Basado en datos experimentales desarrollamos un modelo para describir la forma de los polímeros que encontramos en dos dimensiones y extrapolamos esta descripción a una superficie cilíndrica. La segunda parte trata de describir la deformación de la membrana causada por el anillo de fuerza y de estimar la fuerza necesaria para esta deformación.

La forma de filamentos individuales de FtsZ de imágenes de AFM ha sido modelada considerando los monómeros como bolas en una cadena y unos pocos parámetros para representar sus interacciones efectivas. Filamentos sin contactos laterales tienen una tendencia a curvarse pero mantienen cierta flexibilidad. Para polímeros más largos la atracción lateral entre filamentos tiene un papel muy importante. Aparecen espirales cuya forma está determinada por un balance entre las atracciones laterales entre filamentos y la rigidez de la cadena.<sup>1</sup>

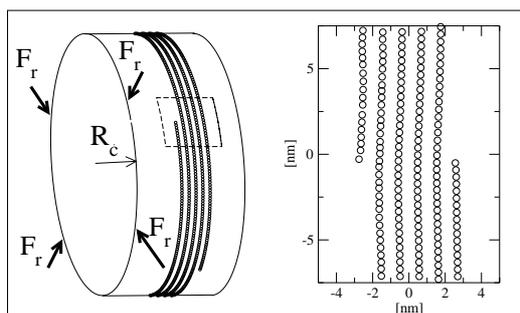


Figura 1. Filamento de 3000 monómeros de FtsZ sobre una superficie cilíndrica con radio de 470 nm. Las atracciones laterales generan una fuerza radial  $F_r$ .

Hemos utilizado los parámetros estimados para modelar el comportamiento de los filamentos en una superficie cilíndrica. Dependiendo de la rigidez y de los ángulos preferentes en las dos direcciones adicionales, FtsZ forma líneas, espirales, hélices o anillos.<sup>2</sup> En las simulaciones estos anillos generan una fuerza radial para optimizar sus contactos laterales. El mecanismo de generación de fuerza que proponemos es entonces el desarrollo de espirales de FtsZ en el lugar de la división celular.

En la segunda parte estudiamos la deformación de la membrana bacteriana bajo la acción de este anillo de fuerza. Partiendo del modelo de Helfrich minimizamos la energía de la membrana considerando tres efectos en paralelo: la presión osmótica que se resiste a reducir el volumen, la restricción sobre el área y la energía de curvatura. Para hacer predicciones cuantitativas sobre la fuerza necesaria para producir el estrangulamiento de la membrana incluimos información experimental directa sobre monocapas de los lípidos de E.Coli.

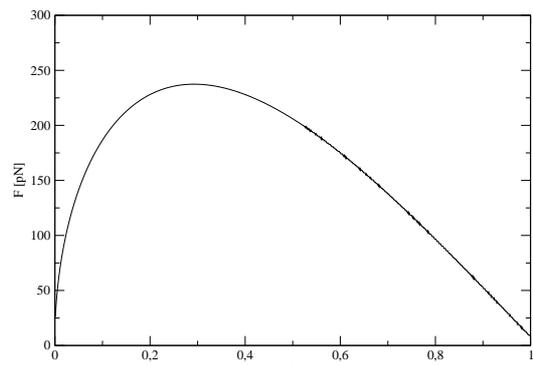


Figura 2. Fuerza necesaria para el estrangulamiento de la membrana bacteriana.  $\Delta = 1$  corresponde a la división total de la célula.

\* pedro.tarazona@uam.es

<sup>1</sup> Hörger, I., Velasco, E., Mingorance, J., Rivas, G., Vélez, M., Tarazona, P. "Langevin Computer Simulations of bacterial protein filaments and the force generating mechanism during cell division", Phys. Rev. E 76 (2007)

<sup>2</sup> Hörger, I., Velasco, Vélez, M., Tarazona, P. "FtsZ bacterial cytoskeleton polymers on curved surfaces: the importance of lateral interactions", Biophysical Journal (enviado)