La belleza de una bacteria, el caso de Azotobacter vinelandii.

La belleza de una bacteria, el caso de Azotobacter vinelandii.
Dr. Carlos F. Peña Malacara / carlosf@ibt.unam.mx
Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México
Biól. Andrés García Romero / agromero@ibt.unam.mx
Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México
Archivo: Biotecnología

Seguramente la mayoría de los lectores cuando escucha el término bacteria, lo asocia a un sinnúmero de enfermedades que aquejan a la humanidad. Sin embargo, resulta que la mayoría de las bacterias que se han identificado hasta ahora son inocuas y muchas exhiben un gran potencial para la síntesis de diferentes productos de interés para el ser humano. Tal es el caso de una bacteria que se desarrolla en el suelo, para ser más preciso en la hojarasca, llamada Azotobacter vinelandii. Esta bacteria de vida libre (que no parasita a otros organismos) es muy importante porque aprovecha el nitrógeno del aire para incorporarlo a su metabolismo, algo que muy pocos organismos saben hacer, convirtiéndolo en moléculas nitrogenadas que otros organismos como las plantas necesitan para crecer. Por eso se le utiliza en muchos países como un biofertilizante. Además tiene la capacidad de producir dos polímeros de interés industrial: el polisacárido alginato, y el poliéster poli-b-hidroxibutirato (PHB). El alginato es un polímero de importancia industrial debido a su capacidad viscosificante y gelificante. Por su parte, el PHB es un plástico biodegradable que la bacteria produce y acumula como reserva de carbono y energía. Ambos polímeros presentan un gran potencial en diversas aplicaciones tanto en la industria de alimentos como en la química y farmacéutica.

Sin duda, una característica que hace especial a esta bacteria es su variación morfológica (llamada pleomorfismo) durante su desarrollo y la cual depende de las condiciones ambientales en las cuales se cultive. Típicamente la morfología de A. vinelandii puede variar desde bacilos (forma alargada) hasta células en forma de cocos (esféricas). Por lo general, estas células presentan un tamaño que puede llegar a alcanzar los 5 micrómetros de diámetro, es decir 5 veces el tamaño de otras bacterias comunes, como Escherichia coli (bacteria intestinal más conocida y estudiada). Por otra parte, cuando se realizan cultivos líquidos con esta bacteria existen factores, como el mezclado y la transferencia de oxígeno, que afectan su comportamiento y metabolismo, lo cual repercute en la morfología de la bacteria. Hace ya algunos años en nuestro laboratorio observamos que cambiando las condiciones de aireación (suministro de aire) de los cultivos, la morfología de A. vinelandii variaba notablemente. Cuando se realizan cultivos en condiciones de baja aireación la bacteria tiende acumular PHB (hasta el 50 % de su peso) debido a la limitación de oxígeno de los cultivos. En este caso, predominan en el cultivo formas esféricas de gran tamaño con diámetros entre 2 y 5 micrómetros. Una situación muy distinta ocurre, cuando los cultivos se desarrollan en condiciones de mayor aireación; en este caso se observan células pequeñas con un diámetro promedio alrededor de 1.0 micrómetro. Asimismo, el tamaño de la bacteria depende de la síntesis del alginato, el cual puede llegar a representar el 20 y 40 % del volumen total de la célula en condiciones de alta y baja aireación respectivamente.

Por otro lado, una particularidad de A. vinelandii es que puede crecer en forma planctónica (bacterias nadando libremente) y además tiene la capacidad de formar agregados irregulares, y algunas veces forma cadenas de tamaño variable. La agregación de las células es un fenómeno extendido en el mundo microbiano, encontrándose en bacterias, levaduras, hongos filamentosos, algas y protistas. La agregación puede ser definida como la agrupación de células para la formación de estructuras estables bajo condiciones fisiológicas específicas. En general, la agregación involucra la participación de polímeros naturales como polisacáridos complejos y poliaminoácidos que son excretados a las superficies celulares.

En investigaciones realizadas en nuestro grupo hemos observado que la presencia de agregados celulares es favorecida sólo cuando A. vinelandii se cultiva en cultivos en líquido bajo condiciones de agitación moderadas. Por ejemplo, se ha observado que en condiciones de menor aireación y mezclado, como las que se establecen en pequeños recipientes de cultivo, llamados matraces o en fermentadores a muy baja agitación, la bacteria forma agregados de mayor tamaño respecto a los que se encuentran en condiciones de mayor turbulencia generadas por la alta agitación del cultivo.

Gracias al desarrollo de nuevas metodologías de microscopía y análisis de imágenes hemos podido caracterizar de manera sistemática los cambios en los patrones de agregación de las células de Azotobacter durante su cultivo. En este sentido, hemos podido observar que en cultivos desarrollados en matraces agitados, al inicio del crecimiento (12 h) se presenta la formación de una matriz profusa extracelular (una red formada por alginato), además de que se establecen agregados celulares con un tamaño promedio cercano a los 10 micrómetros. Conforme avanza el cultivo, el tamaño de las células y de los agregados se incrementa, llegando alcanzar estructuras de hasta 100 micras, con un diámetro promedio de la población cercano a los 40 micrómetros.

Dado que el tamaño del agregado está estrechamente relacionado con la presencia del polisacárido alginato, originalmente propusimos que el alto peso molecular de este polímero, obtenido bajo condiciones de baja aireación y mezclado, favorecía la formación de agregados. Sin embargo, en estudios posteriores en nuestro laboratorio se ha demostrado que el alginato no es esencial para la formación de los agregados de A. vinelandii. Al parecer existen otros componentes, probablemente proteínas extracelulares y otros polisacáridos, involucrados en el proceso de agregación.

Es importante destacar que la formación de agregados bacterianos tiene implicaciones tanto en la síntesis de alginato como en la de PHB. Se ha podido demostrar que en agregados de más de 100 micrometros es posible encontrar gradientes de oxígeno, el cual impacta la concentración y composición de ambos polímeros.

Semblanza

El Dr. Carlos Peña-Malacara, realizó estudios de Maestría y Doctorado en Biotecnología en el Instituto de Biotecnología de la UNAM. Ha realizado estancias posdoctorales de investigación en la Facultad de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente de la Universidad de Oviedo en España y la RWTH-Aachen University en Alemania. Actualmente es investigador Titular B en el Departamento de Ingeniería Celular y Biocatálisis del Instituto de Biotecnología y miembro del Sistema Nacional de Investigadores (Nivel 2).

Semblanza

Andrés García Romero es biólogo egresado de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, actualmente es estudiante de Maestría del Instituto de Biotecnología de la UNAM.