

# Polisacáridos rhizobianos, una nueva alternativa

Ruth Lancheros S.<sup>1</sup>  
Luis Caicedo<sup>2</sup>  
Yolanda Navarro de Navarro<sup>2</sup>

## RESUMEN

Los polisacáridos de origen microbiano han empezado a adquirir un valor cada vez más importante en el campo industrial. A continuación se hace una revisión bibliográfica, donde se muestra un panorama de los polisacáridos producidos por cepas de *Rhizobium* y sus posibles aplicaciones industriales. Entre éstos se nombra el succinoglicano, un nuevo glucoronan y biopolímeros tipo curdlan, entre otros.

### KEYWORDS:

*RHIZOBIUM*, POLISACÁRIDOS,  
EXOPOLISACÁRIDOS.

## INTRODUCCIÓN

Los polisacáridos de origen microbiano han adquirido una importancia cada vez mayor en el mercado, especialmente por parte de las industrias farmacéutica, de alimentos y del petróleo, por las aplicaciones que se les ha encontrado en estos campos. Su uso se fundamenta en dos de sus características más significativas: la capacidad para alterar las propiedades de flujo del agua y la posibilidad de formar geles. *Rhizobium* es una bacteria que produce polisacáridos que cumplen con dichas características.

*Rhizobium* es una bacteria gramnegativa, ampliamente estudiada por su capacidad para fijar nitrógeno al asociarse simbióticamente con plantas leguminosas; esto ha hecho que se emplee como biofertilizante (inoculante) en la industria agrícola (14, 20). El proceso simbiótico entre la bacteria y la planta se realiza en cinco etapas: en la primera se lleva a cabo un reconocimiento de la pareja adecuada planta-bacteria adheriéndose a los pelos radiculares; en la segunda se realiza la invasión del pelo radicular por parte de la bacteria formando el hilo de infección; en la tercera etapa se realiza un desplazamiento hacia la raíz principal a través del hilo de infección, apareciendo en la siguiente etapa los bacteroides dentro de las células de la planta, que son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico; finalmente, en la etapa quinta, se forma el nódulo maduro por división de las células bacterianas y vegetales (16).

Aunque las bases moleculares del proceso por el cual *Rhizobium* induce nódulos simbióticos en las raíces de las plantas se ha estudiado ampliamente, aún no se conoce qué hace tan específica la relación planta-bacteria. Una de las hipótesis formuladas sostiene que los polisacáridos ácidos secretados por la bacteria son determinantes en esta relación (28). Gracias a dicha hipótesis se han realizado gran cantidad de trabajos con el fin de estudiar en forma más detallada a estos polisacáridos, encontrándose que tienen propiedades gelificantes útiles para modificar el comportamiento reológico en sistemas acuosos (4).

1 Departamento de Ingeniería Química.

2 Departamento de Química  
Universidad Nacional de Colombia,  
sede Bogotá.



gelificantes, espesantes, agentes de hidratación, estabilizantes, agentes gelificantes y a la vez floculantes, útiles para la industria de alimentos, farmacéutica, de cosméticos y purificación de agua (6).

2. Exopolisacáridos neutros: algunas especies de *Rhizobium* (*leguminosarum*, *trifoli*) producen heteropolisacáridos capsulares de carácter neutro compuestos por D – glucosa, D – galactosa y D – manosa en relaciones molares de 1:3:2, formando unidades repetidas de hexasacáridos (figura 2), con características muy similares a las que se reportan para biopolímeros como el curdlan (1, 10).

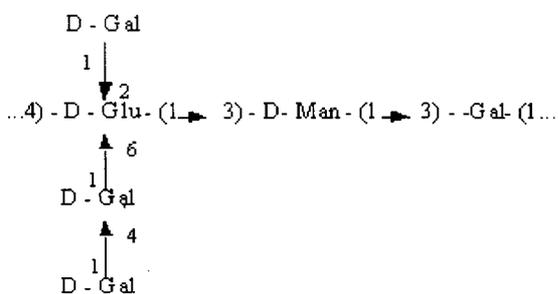


Figura 2. Estructura de un polisacárido neutro de *Rhizobium meliloti* (24).

Este polisacárido tiene la propiedad de gelificar térmicamente y de forma irreversible, es más elástico y flexible que el agar, por lo que también representa una alternativa en las técnicas microbiológicas. Para recuperar el producto de fermentación, el medio es tratado con NaOH, ya que en medio alcalino el polímero es soluble y es entonces posible eliminar las células (10). Actualmente se han desarrollado mutantes hiperproductoras de curdlan provenientes de *Agrobacterium radiobacter* y *Rhizobium* (11).

Otro tipo de polisacáridos producidos por *Rhizobium* son los glucanos, polímeros neutros que llevan un residuo b-D galactosil en cada posición C6 y metilaciones. Los grupos o-metil se presentan en un 70% de residuos de galactosa, y la mezcla glucosa-manosa está aproximadamente en una relación 2:1 en estos compuestos (21). El más conocido es el b-(1,2) glucano cíclico, que corresponde a un polímero con alto grado de polimerización entre 17 y 24; bajo peso molecular, entre 2700 y 3900 Da, aunque también se han hallado valores entre 4000 y 6000 Da en algunos glucanos cíclicos de cepas de *R. meliloti* (25). El sitio de localización se

encuentra generalmente en el espacio periplásmico, aunque es afectado por las condiciones de crecimiento usadas. Se presentan en *B. japonicum*, *Agrobacterium tumefaciens* y el grupo *Rhizobium leguminosarum - meliloti*. Recientemente se ha encontrado otro glucano compuesto por un tetrasacárido con dos componentes asociados; el primero es un a-(1,4) D-manopiranosil sustituido cada 0 a 6 por un residuo de b-D galactopiranosil (71% 4-O metilado) y el segundo es un b-D(1,4) glucano. Este glucano es un polisacárido extracelular aislado de *R. Cowpea* cepa CB744 (3).

Además de producir lipopolisacáridos y exopolisacáridos, las especies de *Rhizobium* también producen poli-b-hidroalcanoatos (PHA) y glucógeno como medio para almacenar energía; estos polímeros se encuentran en forma de gránulos dentro de la célula (16). Los poli-b-hidroalcanoatos son polímeros que poseen muchas de las propiedades generales que detectan los plásticos sintéticos (16). Dependiendo de la longitud de la cadena lateral en las unidades monoméricas del polímero (esta propiedad se puede ajustar modificando la composición del medio de crecimiento o por modificación genética de la bacteria productora) se pueden conseguir PHA con diversos puntos de fusión, cristalinidad, flexibilidad y resistencia a la tensión. La Imperial Chemical Industries (ICI) produce en Inglaterra PHA, comercializando el material como polímero para envases bajo la marca Biopol. Hasta ahora la producción de PHA de ICI se realiza a una escala relativamente pequeña, por lo cual el costo de una botella de PHB/PHA (PHB es poli -b-hidrobutirato) es más costoso que una botella de plástico sintético. Sin embargo, la expansión de la planta a una capacidad 20 veces superior colocaría el costo del PHA sobre una base competitiva con los plásticos derivados del petróleo (16).

*Rhizobium* es uno de los microorganismos que produce poli-hidroxitiratos (PBH) (26). Dentro de los pocos estudios realizados se encuentra el de Bonartseva et. al., quienes obtuvieron un rendimiento del 80% en peso de PBH, variando la cantidad de oxígeno, sacarosa y nitrato de potasio (5).

## PERSPECTIVAS

Los resultados de varias investigaciones realizadas con biopolímeros producidos por *Rhizobium* (1, 4, 5, 6, 29, 30) sugieren que las propiedades reológicas y estructura química de los polisacáridos producidos por *Rhizobium* son similares a las que poseen biopolímeros producidos industrialmente como el curdlan, los poli-hidroxicanoatos, la goma xantana y el succinoglicano, producidos por otros microorganismos. En el caso de la goma xantana, la producción mundial aumenta día a día; en Colombia, se importaron en 1998 aproximadamente 2422 toneladas de países como Alemania, Estados Unidos, Taiwan y Países Bajos, entre otros (figura 3) para consumo en la industria de alimentos y química. En México tiene una gran demanda en la industria petrolera (10).

Por lo anterior se puede concluir que existe un mercado consolidado para polisacáridos de este tipo, lo que justifica la investigación para emplear nuevos microorganismos como el *Rhizobium* y producir biopolímeros que sean una alternativa para los ya existentes. En la actualidad se están realizando estu-

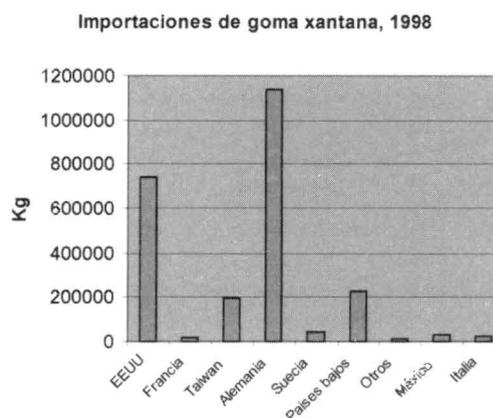


Figura 3. Importaciones de goma santana en 1998.

dios por parte del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia, encaminados a buscar las mejores condiciones para la producción de dichos polisacáridos. Una vez realizado la producción, se espera explorar los posibles usos de los mismos.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1 ASPINALL, G. *The Polysaccharides*. Academic Press, New York, 1982.
- 2 ATKINSON B., MAVITUNA F. *Bioquímica Engineering and Biotechnology Handbook*, 2 ed. M Stockton Press, 1983.
- 3 BEYER, R., MELTON, L., KENNEDY, L. *Carbohydr. Res.* 1983. 122, 155-163.
- 4 BOITTIAUX, Patric, GUILLOU, Veronique. *Comun. Jour. Com. Esp. Deter.* 1997. 27, 321-328.
- 5 BONARTSEVA, G., MYSHKINA, V. L., ZAGREVA, E. P. *Chemical Abstrac*, 1996.
- 6 COURTOIS, J., Courtois, B., Heyraud, A. *Patente*. 1993.
- 7 CRESEENZI, V. *Biotechnol. Prog.* 1995. 11, 251-259.
- 8 CRUEGER, Wulf. *Biología manual de microbiología industrial*, Acribia, Zaragoza, 1993.
- 9 CHEOL, L. Estudio del eventual efecto biocontrol del *Rhizobium Leguminosarum* y lectina de raíz de Arveja (*Pisum Sativum*) sobre Fusarium Oxisporum F.S.P.Dianthi. Facultad de Ciencias. Departamento de Química. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1998.
- 10 GARCÍA, M., QUINTERO, R., LÓPEZ, A. *Biología alimentaria*, Limusa, México, 1993.
- 11 GHAI, S., HISAMATSU, M., AMENURA, A., HARADA, T. *Gen. Microbiol.* 1981. 122, 33.
- 12 HEYRAUD, A., COURTOIS, J., DANTAS, L., COLIN-MOREL, P., COURTOIS, B. *Carbohydr. Res.* 1993. 240, 71-78.
- 13 HORTON, R., Moran, L., Ochs, R., Raw, J., Scrimgeour, K. *Bioquímica*. Prentice Hall, México, 1995.
- 14 INCOMEX. Registros de importaciones, 1998.
- 15 LUQUE, P. Estudio de la eventual interacción *Rhizobium-lectina de Pisum Sativum*. Tesis de Magister Scientiae Facultad de Ciencias. Departamento de Química Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1981.
- 16 MADIGAN, M., MARTINKO, J., PARKER, J. *Brock Biología de los Microorganismos*, 8 ed. Prentice Hall, España. 1998.
- 17 MCNEIL, M., DARWILL, J., DARWILL, A., ALBERSHEIM, P., VEEN, R., DELL, A. *Carbohydr. Res.* 1986. 146, 307-326.
- 18 MARTÍNEZ, L., CABADA, N. *Food Sci. Technol.* 1996. 2, 405-411.

- 14 NAVARINI, L., GESARO, A., ROSS, S. *Carbohydr. Res.* 1992. 223, 227-234.
- 15 NAVARRO, Y. Estudio de la eventual interacción *Rhizobium-lectina de Vicia Faba*. Tesis de Magister Scientiae Facultad de Ciencias. Departamento de Química. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1982.
- 16 Rubio, M. Factores que afectan el crecimiento y capacidad de fijar nitrógeno en bacterias del grupo *Rhizobium Leguminosarum*. Tesis Facultad de Ciencias. Departamento de Farmacia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1991.
- 17 Seguin, J., Senechal, L., Roblot, C., Pheulpin, P., Courtois, J., Courtois, B.; Barbotin, J., *Carbohydr. Lett.* 1996. 2, 83-90.
- 18 Serrano, A., González, P., Tejero, P., Sánchez, A. *Carbohydr. Res.* 1992. 225, 169-174.
- 19 Sutherland, I., Tai, M. *Encyclopedia of Microbiology*. Vol. 1, Academic Press, 1992.
- 20 Sutherland, L. *Ann. Rev. Microbiol.* 1985. 39, 243-270.
- 21 Tanavir, P., Besson, I., Portais, J., Courtois, J.; Courtois, B.; Barbotin, J. *Biotech. Biotechnol.* 1998. 58, 250-253.
- 22 Tavernier, J., Portais, J., Benson, I. J. *Chim. Phys.* 1998. 95, 256-259.
- 23 Tomolini, R., Nuti, M. *FEMS-Microbiol. Lett.* 1989. 60, 299-304.
- 24 Zevenhuizen, L., Scholten-Koerselman. *Antoine van Leeuwenhoek*. 1979. 45, 165-175.
- 25 Zevenhuizen, L. P. T. M. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 1984. 20, 393-399.