



USO DE *Azospirillum* EN MÉXICO COMO BIOFERTILIZANTE Y POTENCIAL DE NUEVAS ESPECIES BACTERIANAS COMO BIOFERTILIZANTES, AGENTES DE BIORREMEDIACIÓN Y BIOCONTROL DE FITOPATÓGENOS

J. Caballero-Mellado^{1*}, J. Onofre-Lemus¹, A. Wong-Villarreal¹, R. Castro-González¹, P. Estrada-de los Santos¹, J. Rodríguez-Salazar², R. Suárez², G. Iturriaga² y L. Martínez-Aguilar¹. ¹Centro de Ciencias Genómicas-UNAM. Apdo. Postal No. 565-A, Cuernavaca, Morelos, México. ²Centro de Investigación en Biotecnología-UAEM, Av. Universidad 1001, Cuernavaca 62209, Morelos, México;

*E-mail: jesuscab@ccg.unam.mx

La agricultura mundial ha tendido a buscar la sustentabilidad de los cultivos a través de alternativas de origen biológico que sean más económicas, que mejoren la rentabilidad de los cultivos y que eviten el deterioro del medio ambiente. El desarrollo y uso de los biofertilizantes se contempla como una importante alternativa para la sustitución parcial o total de los fertilizantes minerales. La aplicación de bacterias que interactúan con las plantas es considerada una opción viable en muchos países y en la actualidad se buscan el desarrollo de biofertilizantes basados en bacterias promotoras del crecimiento vegetal, en particular con la bacteria *Azospirillum*, fijadora de nitrógeno y productora de fitohormonas.

En los años 1999-2000, el INIFAP-SAGAR impulsó un programa de uso de biofertilizantes con material biológico y la asesoría tecnológica del CCG-UNAM (antes Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno). El programa se llevó a cabo con cepas de *Azospirillum* seleccionadas para promover el rendimiento de los cultivos de cereales, como una alternativa tecnológica para aquellas regiones donde no se aplicaban fertilizantes minerales, o bien, para disminuir su uso en otras regiones. En tal programa fueron inoculadas con *A. brasilense* cerca de 2 millones de hectáreas de maíz, y otros cereales, siendo aplicado mayoritariamente a variedades criollas y comerciales de maíz. El rendimiento de grano fue evaluado en más de 200 sitios y 800 ha; se evaluó el efecto de la inoculación con *Azospirillum* en combinación con diferentes niveles de fertilización (N,P,K), de acuerdo con su uso en cada región, y en el caso de maíz en numerosos sitios sin fertilización mineral. Los resultados de la inoculación de maíces criollos y variedades comerciales, sin aplicación de fertilizantes minerales, mostraron efectos benéficos sobre el rendimiento en el 95% de las evaluaciones, con aumento en los rendimientos en el rango de 12-98% para los maíces criollos, y de 7-76% en las variedades comerciales, e incrementos promedio de 42 y 26%, respectivamente. Los resultados de la inoculación con *Azospirillum* fueron dependientes del cultivo, la variedad, el nivel de fertilizantes minerales aplicado y el tipo de suelo.

La inoculación con cepas de *Azospirillum* seleccionadas permite reducir hasta en 50% el uso de los fertilizantes minerales (N,P,K) sin que disminuya el rendimiento del cultivo, e incluso se obtiene 5-10% de aumento respecto a los cultivos fertilizados con el 100% del fertilizante mineral. Con el material biológico y licencia de la UNAM una empresa del sector privado produce el biofertilizante a base de *Azospirillum*; esta empresa ha comercializado en los últimos años alrededor de medio millón de dosis para igual número de hectáreas.

Los Gobiernos Estatales de Morelos, Guerrero y Michoacán han incluido en sus programas agrícolas el uso de *Azospirillum* como biofertilizante. Numerosos foros de discusión sobre el uso de biofertilizantes para la producción de granos han sido organizados en México, y se vislumbra el impulso a su uso. Sobre esta base, uno de nuestros objetivos es lograr que las bacterias otorguen ventajas adicionales a los cultivos, no solamente como biofertilizantes.

En experimentos de invernadero se ha logrado incrementar significativamente la resistencia a la sequía y la biomasa de plantas de maíz mediante la inoculación con una cepa de *Azospirillum*, modificada genéticamente, que acumula trehalosa (2). Nuestro grupo ha logrado el aislamiento de varias especies de *Burkholderia* fijadoras de nitrógeno desconocidas hasta hace menos de una década; entre las especies descritas estacan *B. unamae*, *B. xenovorans*, *B. tropica* y *B. silvatlantica*. En estas especies diazótrofes hemos detectado actividades de interés agrobiotecnológico que pudieran ser aprovechadas para el desarrollo de nuevos biofertilizantes y paralelamente ser usadas en el control biológico de fitopatógenos y en biorremediación (1).

1. Caballero-Mellado, J., Onofre-Lemus, J., Estrada-de los Santos, P. & Martínez-Aguilar, L. 2007. The tomato rhizosphere, an environment rich in nitrogen-fixing *Burkholderia* species with capabilities of interest for agriculture and bioremediation. *Appl. Environ. Microbiol.* 73:5308-5319.

2. Rodríguez-Salazar, J., Suárez, R., Caballero-Mellado, J., & Iturriaga, G. 2009. Trehalose accumulation in *Azospirillum brasilense* improves drought tolerance and biomass in maize plants. *FEMS Microbiol. Lett.*