

La Ciencia, desde Morelos para el mundo

El biofertilizante para frijol de la UNAM: mas rendimiento y mejor nutrición sin contaminación

Humberto Peralta y Dr. Jaime Mora Celis (Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos) Centro de Ciencias Genómicas-UNAM

El próximo año, de acuerdo al Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos y Canadá, se abrirá la frontera a la entrada de maíz y frijol sin restricción y sin aranceles. Estos dos productos son los principales componentes de la dieta de un amplio sector de la población en México. No se conocen exactamente cuáles serán las consecuencias de esta apertura sobre la producción agrícola. Pero es claro que los agricultores en el país tienen que aumentar significativamente su eficiencia, encontrar nichos de mercado y aplicar alternativas de producción que de preferencia tengan un menor impacto ambiental. Como veremos más adelante, los biofertilizantes representan una adecuada estrategia biotecnológica que puede contribuir a afrontar retos como los mencionados. Pero, ¿qué es un biofertilizante? ¿qué elementos aportan? ¿podrían sustituir a los fertilizantes químicos? ¿cuál es el fertilizante principal que requieren los cultivos?

Un biofertilizante es un organismo vivo o sus productos que se agregan a las semillas o al suelo para mejorar las características de nutrición para los cultivos. Hay una gran variedad, pero principalmente están los inoculantes (bacterias vivas como *Azospirillum* o *Rhizobium*, hongos como las micorrizas o levaduras) que proporcionan el elemento indispensable para el crecimiento de las plantas que es el nitrógeno y además fósforo y hormonas de crecimiento; además están residuos como el guano y la gallinaza y materiales como el humus, los extractos de algas, etc. En las condiciones más adecuadas los biofertilizantes pueden suplir los requerimientos de nitrógeno, fósforo y potasio, además de los microelementos esenciales.

EL NITROGENO ES EL ELEMENTO LIMITANTE EN LA AGRICULTURA

Como dijimos, el nitrógeno es un elemento esencial para los organismos vivos. De forma combinada da lugar a los aminoácidos y las proteínas. Las plantas y animales obtienen el nitrógeno a partir de la fertilización y la alimentación, respectivamente. En el suelo, el nitrógeno es muy escaso y es



La fotografía muestra el efecto de la inoculación con la variedad mejorada de *Rhizobium* en frijol (invernadero). De izquierda a derecha: plantas sin inocular y sin fertilizar, plantas con la variedad original, plantas con la variedad mejorada, plantas con fertilizante químico.

limitante para que en la agricultura se obtengan buenos rendimientos. Un grupo de bacterias llamados fijadores de nitrógeno son los únicos organismos que pueden asimilar el nitrógeno directamente del aire, en el que abunda.

LA FERTILIZACION CON NITROGENO CONTAMINA AIRE, SUELO Y AGUA

La fertilización química nitrogenada representa costos de todo tipo. Económicos, porque en el país ya no se producen y todo el que se emplea en la agricultura se compra del extranjero. Ambientales, porque en su producción se usan combustibles fósiles y se contamina el aire, además al adicionarse al suelo las plantas sólo aprovechan una fracción del total y el resto del nitrógeno se lava a estratos inferiores, donde se encuentran los mantos freáticos y se contamina de esta manera el agua potable (el nitrato en el agua es un agente cancerígeno). Si los cuerpos de agua se convierten en superficiales entonces la contaminación con nitrógeno produce un fenómeno llamado eutrofización, en que los microorganismos crecen desproporcionadamente, agotan el oxígeno disuelto en el agua y provocan la muerte masiva de peces. Por su fuera poco, la fertilización constante elimina la biodiversidad y provoca la salinización del suelo que, eventualmente, hace imposible la agricultura.

LA FIJACIÓN DE NITROGENO ES UN PROCESO NATURAL, NO CONTAMINANTE

Entre los biofertilizantes conocidos desde la antigüedad están los organismos fijadores de nitrógeno y *Rhizobium* es el ejemplo por excelencia. Es una bacteria que está presente naturalmente en los suelos agrícolas. Su capacidad fijadora es interesante porque se asocia benéficamente con plantas de gran importancia económica como soya, chícharo, lenteja, haba, frijol, cacahuete y forrajes como alfalfa y trébol. El estudio de la asociación entre la bacteria y las leguminosas pueden llevar al mejoramiento del proceso, lo que implicaría beneficios en la agricultura. Este fue el objetivo primordial de la creación del Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno, antecesor de la actual de Ciencias Genómicas. *Rhizobium* fija el nitrógeno del aire, lo transfiere eficientemente a la planta, mejora la salud y la productividad del cultivo, hace más rica la rizósfera mejorando las comunidades bacterianas (necesarias para el balance del carbono y el nitrógeno y que reconstituye la biodiversidad del suelo), además de dejar residuos nitrogenados en la materia orgánica que el siguiente cultivo puede aprovechar. Un biofertilizante basado en *Rhizobium* puede suplir totalmente el fertilizante químico nitrogenado y la cantidad suficiente para 10 hectáreas puede ser transportado fácilmente por una persona en

una caja de 4 kilos, con un costo 10 a 20 veces menor que el químico. Las bacterias *Rhizobium* son organismos inofensivos para el hombre o animales. Pero hay dos aspectos en que los biofertilizantes en general son criticados. Uno es que pueden tener un pobre desempeño y otro es que hay variabilidad en la eficiencia de sus resultados.

EL BIOFERTILIZANTE MEJORADO PRODUCE MAYOR RENDIMIENTO Y MEJOR VALOR NUTRITIVO EN EL FRIJOL

Para tratar de resolver estos problemas, en el proyecto dirigido por el Dr. Jaime Mora modificamos genéticamente una variedad de *Rhizobium* para incrementar la producción de la enzima responsable de la eficiencia de la fijación de nitrógeno en frijol y además se derivó más energía celular para este proceso. Ambas modificaciones se realizaron con el material genético propio de la bacteria y por tanto la variante obtenida no es transgénica. Los resultados que obtuvimos fueron muy favorables. Con el *Rhizobium* mejorado el cultivo rindió hasta 40% más frijol en promedio en experimentos de invernadero, campo experimental y campo real (en la foto se observa el efecto que produce la variedad mejorada). Pero además, el frijol obtenido tenía 50% más nutrientes, en forma de proteínas. Esto significa que el valor nutritivo del frijol cultivado de esta manera también repre-

sentaría beneficios a los consumidores. Estos resultados se validaron en varios tipos de suelo (de los estados de Durango, Nayarit, Guanajuato, Estado de México, Morelos, Veracruz), estaciones de siembra (otoño, invierno, primavera y verano), variedades de frijol (peruano, negro, pinto y flor de mayo) y regímenes de riego (temporal, riego rodado y riego de goteo). De esta manera podemos decir que este biofertilizante no tiene los aspectos criticables mencionados, porque se desempeña de manera consistente y adecuada en diversas condiciones. En el caso de la validación en campo con productores, se incluyeron estudios económicos (incluyendo todos los costos de insumos, labranza, cosecha y empacamento) que indicaron una mayor proporción de ganancia económica del uso del biofertilizante (desde 30 hasta el 60%) en comparación con la fertilización química o la no fertilización.

El biofertilizante de *Rhizobium* mejorado para frijol desarrollado en la UNAM lo promueve la empresa Asesoría Integral Agropecuaria (su Biofábrica Siglo XXI tiene sede en Cuautla), que trata de acercar a los productores agrícolas a los beneficios que representa su uso. De esta manera los biofertilizantes, y en especial el de *Rhizobium* para frijol, pueden contribuir positivamente para alcanzar niveles competitivos en la agricultura en el país beneficiando a productores, consumidores y hasta el ambiente.