

Microbios que nutren a las plantas (Biofertilizantes)

Jesús Caballero-Mellado
 Centro de Ciencias Genómicas
 UNAM-Campus Morelos
 Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos, A.C.

En un artículo previo ("Por fortuna existen los Microbios"; disponible en: http://www.acmor.org.mx/descargas/10_ago_09_microbios.pdf) en esta sección de *La Unión de Morelos* fue descrito el imprescindible papel que desempeñan los microbios para sostener la vida de nuestro planeta y sus múltiples actividades de interés biotecnológico en beneficio de la sociedad. Ahora se describe una de estas actividades microbianas, considerando el gran impacto que han tenido los biofertilizantes en nuestro país, incluyendo el estado de Morelos en donde se han aplicado en miles de hectáreas, principalmente de maíz. Se ha informado que actualmente el 30 por ciento del sector agrícola del estado de Morelos hace uso de los biofertilizantes (ver nota en *La Unión de Jojutla* disponible en: HYPERLINK "<http://launion.com.mx/morelos/secciones/jojutla/item/9766-30-por-ciento-de-productores-agr%C3%ADcolas-del-estado-usan-biofertilizantes.html>" <http://launion.com.mx/morelos/secciones/jojutla/item/9766-30-por-ciento-de-productores-agr%C3%ADcolas-del-estado-usan-biofertilizantes.html>).

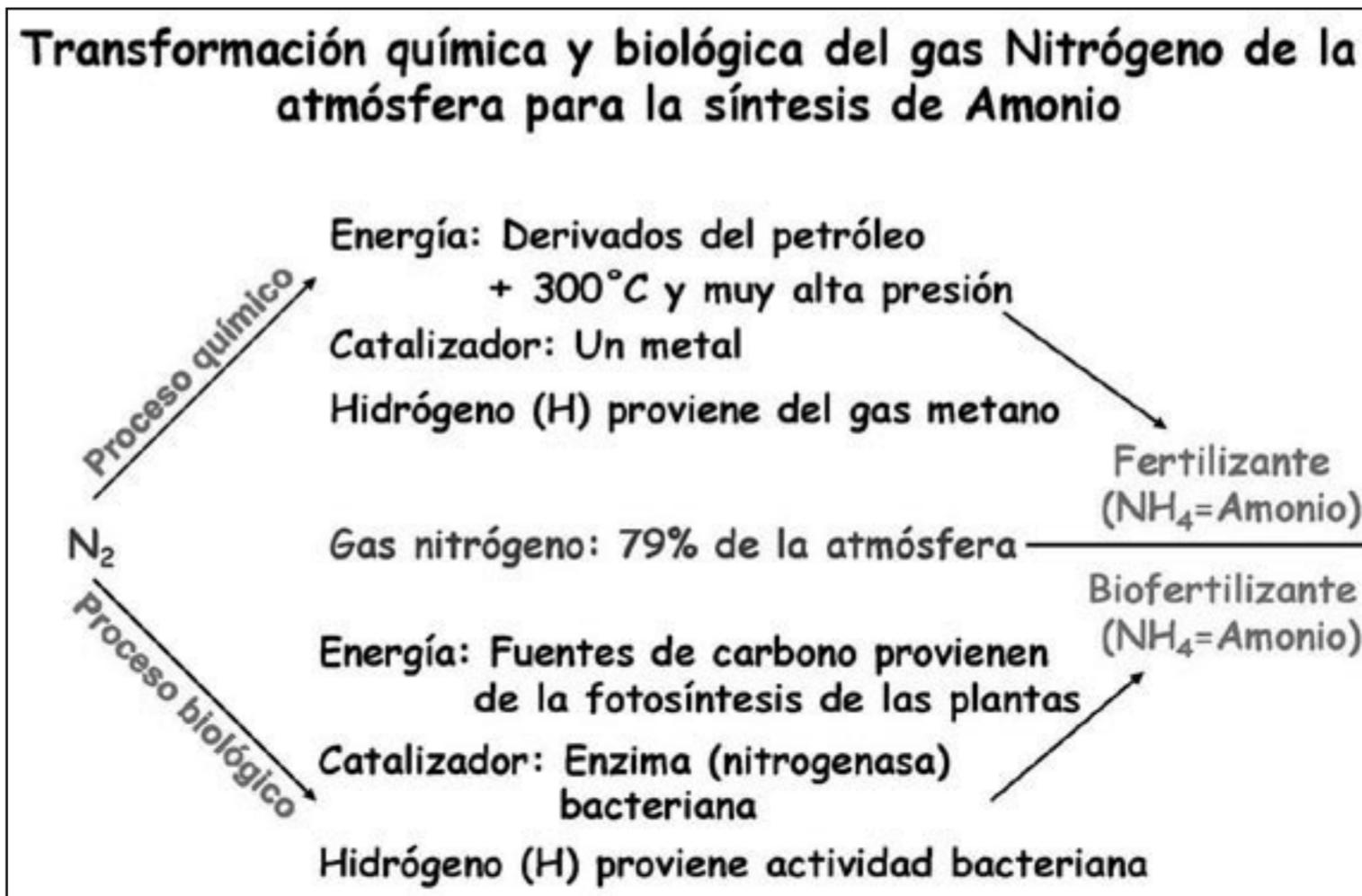


Figura 1

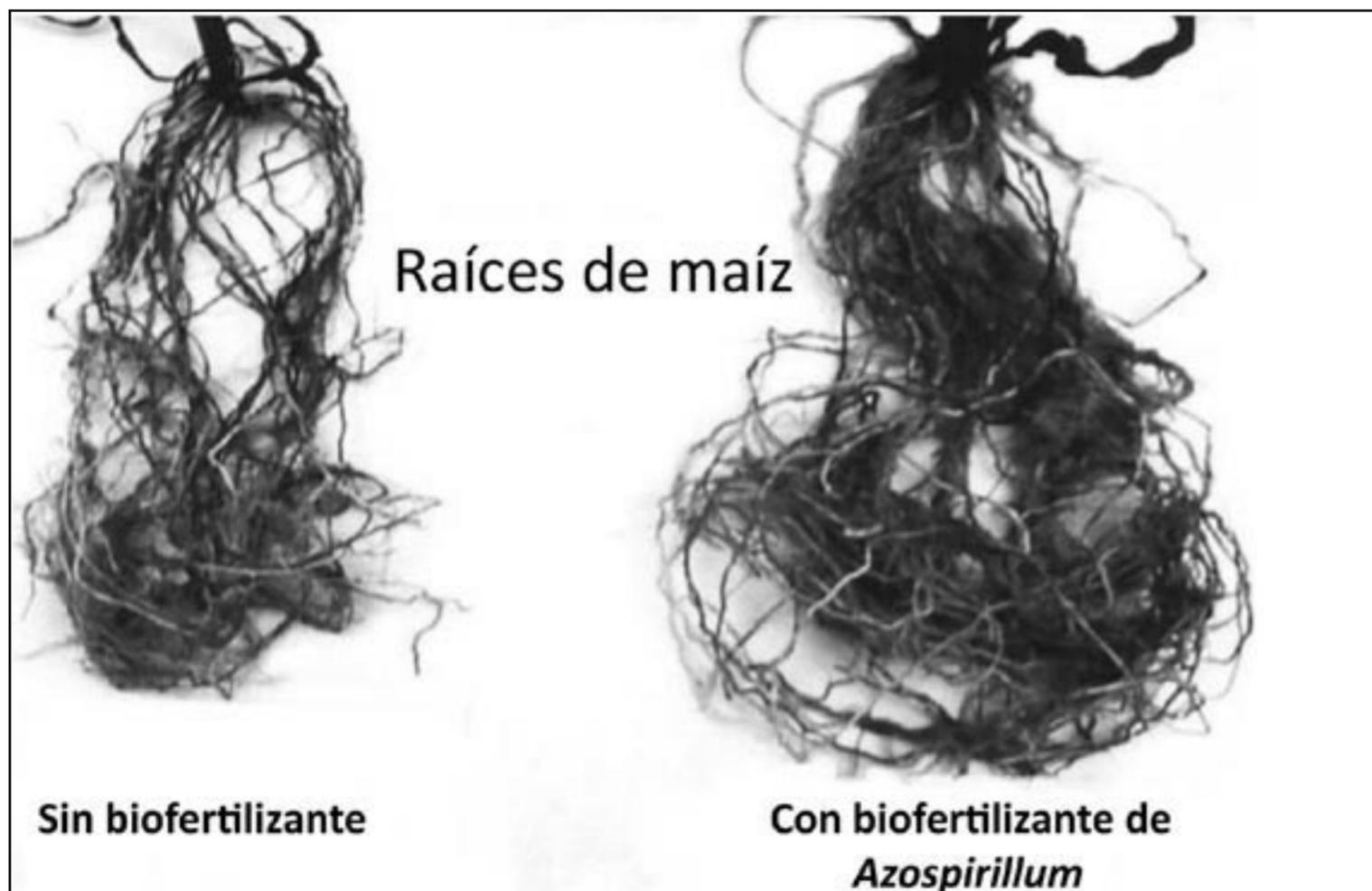


Figura 2

morelos/secciones/jojutla/item/9766-30-por-ciento-de-productores-agr%C3%ADcolas-del-estado-usan-biofertilizantes.html).

La persona que busque en el diccionario o en la enciclopedia la palabra biofertilizante, con toda seguridad no la encontrará; quien recurra a la Internet con toda seguridad encontrará decenas de definiciones, o dicho de otra manera, decenas de interpretaciones. También en las revistas científicas se encuentran diferentes interpretaciones de lo que es un biofertilizante. En mi opinión y la de muchos colegas investigadores, los biofertilizantes se basan en el uso de microorganismos vivos no patógenos (que no causan enfermedad), que se asocian en forma natural con las raíces de las plantas o viven y se multiplican en su interior (endófitos), los cuales aportan algún nutriente o favorecen la absorción de los nutrientes del suelo, incluyendo los fertilizantes químicos, promoviendo el crecimiento de las plantas y mejorando el rendimiento de los cultivos.

Los microbios, en particular las bacterias, llevan a cabo diferentes actividades necesarias para

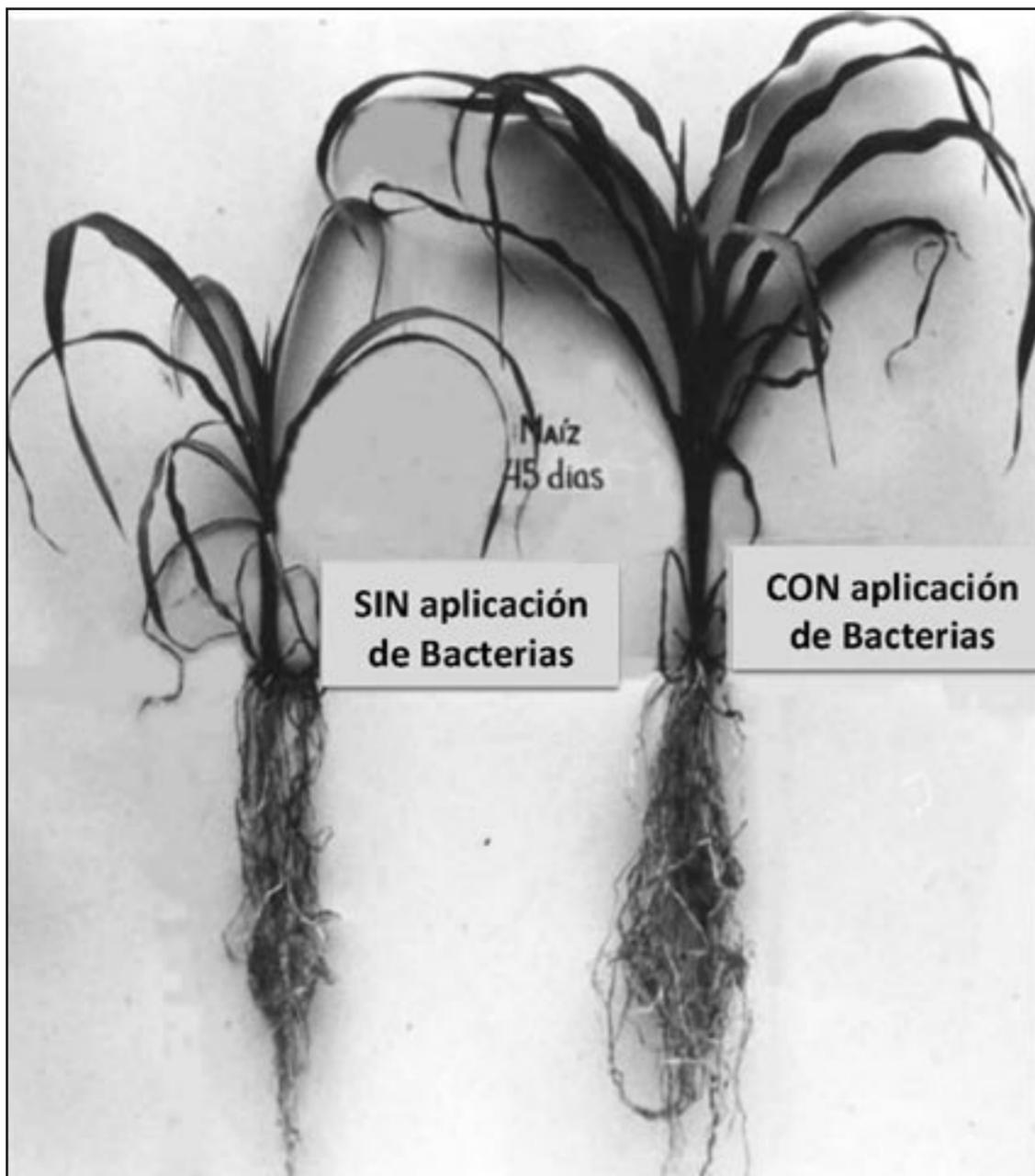


Figura 3

crecer y multiplicarse, y al hacerlo llevan a cabo una o varias fases de los ciclos biogeoquímicos y liberan muchas sustancias, las cuales, directa o indirectamente promueven el crecimiento de las plantas y mejoran el rendimiento de los cultivos. Entre estas actividades destaca la Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN), proceso en el cual el gas nitrógeno (N_2) de la atmósfera es transformado a amonio (el compuesto base de los fertilizantes nitrogenados) y en esta forma la planta lo usa para su crecimiento y producción de semillas. Es importante enfatizar que a pesar de la abundancia del gas N_2 en la atmósfera (79 %) no puede ser usado por las plantas, sólo por algunas bacterias que llevan a cabo la FBN. Tanto la FBN como la síntesis química de fertilizantes nitrogenados se basan en el mismo principio, transformación del gas N_2 , obteniéndose el mismo producto final, el amonio (Fig. 1). La gran diferencia entre estos procesos es el costo de producción, que puede ser hasta 500 veces más económico a través de la FBN que mediante síntesis química, dependiendo en gran me-

didada del precio del petróleo, con el que se fabrican los fertilizantes minerales aplicados en la agricultura actual. Otro aspecto de gran relevancia son los costos económicos (indirectos) y ecológicos: de cada 100 kilogramos de un fertilizante mineral que se aplica a un cultivo, sólo entre 60 y 80 kilogramos son aprovechados por las plantas, dependiendo del tipo de suelo. El resto se pierde en forma de gases y también en el agua de lluvia o de riego, pasan a las capas del suelo donde las raíces de las plantas no pueden aprovecharlos. Posteriormente llegan a las aguas subterráneas y a los lagos, ríos y finalmente al mar. Se sabe que miles de kilómetros cuadrados del fondo marino de las zonas costeras del planeta se encuentran con muy fuertes alteraciones ecológicas, debido a la alta concentración de fertilizantes nitrogenados y fosforados, que ponen en riesgo los ecosistemas marinos. Además, los fertilizantes minerales nitrogenados, al ser transformados y liberados como gases a la atmósfera, como por ejemplo el óxido nitrroso (uno de los gases causantes del llamado efecto invernadero),

contribuyen al cambio climático. En los años recientes se ha dado gran impulso a la producción de biocombustibles, como es el caso del etanol a partir de la caña de azúcar o de maíz, para disminuir la contaminación causada por las emisiones de gases, es decir para generar "energía limpia". No obstante, en la actualidad no es po-

sible pensar en la generación de "energía limpia" sin considerar que la biomasa vegetal requerida para la producción de biocombustibles debe proceder de cultivos agrícolas cultivados sin la aplicación irracional de fertilizantes minerales contaminantes del ambiente; de otra manera, la "energía limpia" no sólo será "sucia" de origen, sino que, además, se continuará contaminando el suelo, la atmósfera y los mares.

Otra actividad bacteriana de gran relevancia en la agricultura es la producción de hormonas vegetales o fitohormonas (por ejemplo las llamadas *auxinas* como el ácido indol acético, AIA). El AIA favorece la germinación de las semillas y estimula la formación de raíces de las plantas (Fig. 2), aumentando en algunos casos hasta el doble la abundancia de raíces y con ello incrementando la capacidad de la planta para tomar los nutrientes presentes en el suelo o los adicionados por el hombre. La mayor producción de raíces contribuye a enriquecer el suelo con materia orgánica, la cual es transformada por otros microorganismos, favoreciendo la fertilidad de los suelos y evitando la erosión. Además, el AIA induce otros cambios (fisiológicos) en las plantas, mejorando su crecimiento y el desarrollo del follaje (Fig. 3), la producción y rendimiento de los cultivos (Fig. 4). Algunos microorganismos también son capaces de transformar nutrientes del suelo que la planta no podría utilizar. Por ejemplo, es común que una parte de los fertilizantes minerales llamados fosforados o fosfatos se conviertan en formas insolubles en agua y así no son aprovechados por las plantas. Algunas bacterias producen sustancias que disuelven los fosfatos insolubles, y ya disueltos en el agua pueden ser aprovechados por las plantas, mejorando su crecimiento, la producción y el rendi-

miento de los cultivos.

Existen otras actividades microbianas, y algunas bacterias llevan a cabo una o varias de estas actividades, por lo que un biofertilizante puede contribuir -a través de diferentes mecanismos- al crecimiento de las plantas, en la producción y el rendimiento de los cultivos. Por ejemplo, en el Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno (CIFN; actualmente Centro de Ciencias Genómicas)-UNAM se desarrolló un biofertilizante, a base de una bacteria llamada *Azospirillum*, para cultivos de cereales (maíz, sorgo, trigo y cebada), pero sus efectos benéficos se han observado en otros cultivos (caña de azúcar). Este biofertilizante tiene la característica de incrementar hasta en 90 % (promedio de 42 %) el rendimiento de maíces criollos en zonas rurales donde no se aplican fertilizantes minerales, y sustituye poco más del 50 % de los fertilizantes minerales (nitrogenados y fosforados) en aquellas regiones donde éstos son aplicados a variedades comerciales, lográndose incrementos entre 5-10 % en el rendimiento de maíz. Estos resultados fueron obtenidos en evaluaciones hechas en decenas de hectáreas en diferentes estados del país por personal del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Forestales y Pecuarias (INIFAP-SAGARPA), en los años 1999-2000, a través de un convenio de colaboración con el CIFN-UNAM.

En resumen, los biofertilizantes son una alternativa biotecnológica económica que usa la biodiversidad microbiana existente en nuestro planeta y que contribuye a generar una agricultura sostenible, no contaminante del ambiente, disminuyendo la liberación de gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático.

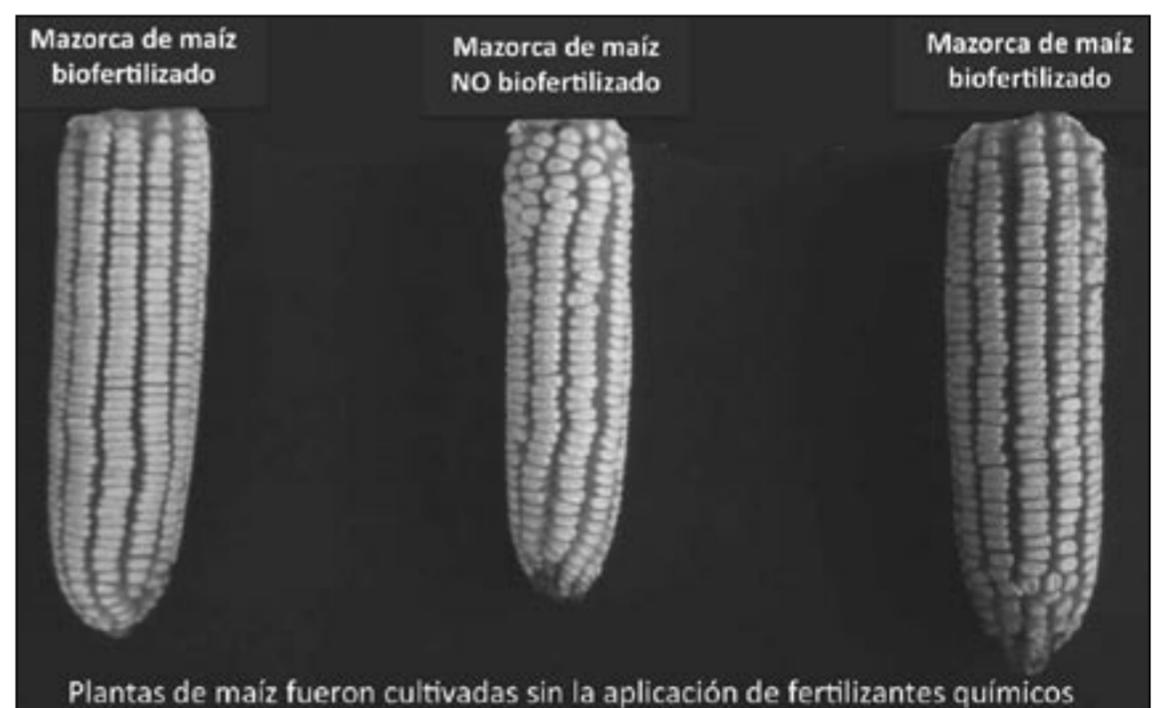


Figura 4