

**RESPUESTA DEL FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)  
AL FERTILIZANTE LIQUIDO BIODEGRADADO  
ANAEROBICAMENTE DEL ESTIERCOL DE BOVINO**

Felipe Abencerraje Rodríguez<sup>1</sup>  
Mercedes de la Garza Curcho<sup>2</sup>

**RESUMEN**

En Derramadero, Coahuila, se estableció un experimento consistente en evaluar la respuesta del frijol, al fertilizante líquido obtenido por biodegradación anaeróbica del estiércol de bovino, con objeto de proporcionar una alternativa más económica para el campesino.

En el ciclo primavera-verano 1983, se cultivó con riego siguiendo un diseño experimental bloques al azar con 8 tratamientos y 6 repeticiones. Se probaron 6 concentraciones diferentes del biofertilizante, comparadas con el tratamiento de fertilización química usada en la región (40-40-0) y un testigo sin fertilizantes.

El sitio experimental presenta las siguientes características edáficas: migajón arcilloso, ligeramente alcalino (pH 7.6), sin problemas de sales, medianamente rico en materia orgánica y en fósforo asimilable, medianamente pobre en nitrógeno total, y suficientemente abastecido en potasio. Se obtuvieron aumentos significativos en las estimaciones de las poblaciones bacterianas en los tratamientos con biofertilizante; en cambio, con el fertilizante químico prácticamente no aumentó la población.

---

1 Ing. M.C. y 2. Q.F.M.C. Maestros Investigadores del Depto. de Suelos, Div. Ingeniería, UAAAN.

Se tomaron los siguientes datos fenológicos: días a la floración y a la formación de vainas, número de vainas por planta, madurez fisiológica y además, el rendimiento promedio de grano.

Se encontró que la fermentación anaeróbica del estiércol de bovino en el digestor es factible y tarda aproximadamente de 25 a 30 días en verano. La dosis óptima para el cultivo fue de 250 lt/ha, haciendo 2 aplicaciones: mitad a la siembra y el resto 30 días después. Al comparar los rendimientos del biofertilizante con el fertilizante químico comercial, fue 300% superior en peso, y 80% menos costoso.

## INTRODUCCION

En el Cañón de Derramadero, Coahuila, se estableció el presente experimento de investigación, ya que en esta zona se producen aproximadamente 1 628 ton/año de estiércol, principalmente de bovino lechero, las cuales, mediante fermentación anaeróbica, pueden producir biofertilizantes líquidos y sólidos, así como gas metano, pudiéndose integrar un grupo interdisciplinario de investigación, ya que se pueden aprovechar diferentes departamentos de la UAAAN, tales como: Desarrollo Rural, Suelos, Horticultura y otros.

Es por ello que se consideró importante experimentar con los efluentes líquidos de esta fermentación, para poder proporcionar, a los agricultores de la región, una forma sencilla y barata de obtener sus propios fertilizantes y, mediante su aplicación al cultivo de frijol, incrementar sus rendimientos unitarios sin aumentar sus costos para mejorar su economía. Esta alternativa se considera como muy valiosa, dado que procede, en su mayor parte, de recursos renovables, por lo que puede competir con los fertilizantes químicos, ya que estos últimos proceden de recursos no renovables y en un futuro cercano se tendrá déficit.

Por otra parte, se pueden mejorar las condiciones higiénicas en las zonas rurales, para ayudar a que haya menos contaminación ambiental. Además, hay que hacer hincapié que en esta zona se pierde aproximadamente de un 15% a 30% del estiércol, por descomposición en el corral o en los estercoleros.

## REVISION DE LITERATURA

Baquedano (1979) describió a la digestión anaeróbica como el proceso de estabilización de la materia orgánica en un medio sin oxígeno, principalmente a partir de bacterias; este sistema involucra siempre a 2 tipos de bac-

terias que actúan simultánea y equilibradamente: las acidificantes y las metanógenas. El accionar específico de ambos grupos, permite describir el proceso de fermentación anaeróbica, el cual se puede separar en 3 etapas: a) Licuefacción de la materia orgánica; b) Formación de ácidos volátiles; y c) Formación de gas metano.

En la primera etapa, o de licuefacción, la materia orgánica que generalmente está en estado sólido, o semisólido, es descompuesta por las bacterias en partículas simples asimilables. Este proceso se realiza por la excreción de enzimas producidas por ellas y a otros fenómenos, principalmente por la hidrólisis de las grandes partículas solubles, en la que la rapidez del proceso es directamente proporcional a la capacidad de dilución de la materia orgánica en el agua.

La segunda etapa es la formación de ácidos, donde estas mismas bacterias anaeróbicas producen los ácidos: acético, propiónico y butírico, principalmente; estos ácidos son los que pasan a ser alimento de las bacterias metanógenas. Otra función de este grupo de bacterias acidificantes, es la de eliminar el oxígeno del medio interior del digestor, condición especial para la vida de las bacterias metanógenas, que son anaeróbicas obligadas.

La tercera etapa, o formación de metano, se caracteriza por la entrada en acción de las bacterias metanógenas, las que, alimentándose de los desechos de las bacterias acidificantes, producen gases (entre ellos el metano); de ahí la denominación de biogas, y los efluentes llamados biofertilizantes, pues son productos de una acción biológica.

Penagos (1967) señaló que tan importante como la producción de metano, es el lugar que ocupa la digestión anaeróbica para la obtención de biofertilizantes. Estudios por él realizados, demuestran que los fertilizantes salidos del digestor contienen de 2 a 3 veces más nitrógeno asimilable, que el mejor compuesto hecho al aire.

Composición química del estiércol procesado mediante diferentes tratamientos

Clase de abono	Nitrógeno %	Fósforo %	Potasio %
Estiércol amontonado	0.50	0.30	0.60
Compost sistema indore	1.25	0.95	0.94
Otros sistemas de compost	1.90	0.80	0.80
El sistema biológico anaeróbico	3.80	2.00	6.40

Penagos (1967)

Pichardo (1980), determinó que un metro cúbico de biofertilizante producido diariamente, puede fertilizar más de 100 m<sup>2</sup> de tierra por año, a un nivel de 200 kg de N/ha.

Augenstein (1976) concluyó que, en el proceso de digestión, los organismos que se encuentran en un volumen cerrado de fermentación anaeróbica consumen sustrato, ya sea estiércol o algún otro material orgánico, dando como productos finales: metano, bióxido de carbono, biomasa y un residuo no procesado; entre las ventajas figura la eliminación de algunos componentes indeseables del sustrato, como son los ácidos en el estiércol, el gas producido es un combustible mucho más utilizable que el sustrato; el lodo residual que contiene biomasa es valioso como material fertilizante.

Sweeten (1981) concluyó que uno de los sistemas básicos que han probado ser prácticos para almacenar el estiércol y aplicarlo a la tierra, en el Suroeste de los Estados Unidos, es el tratamiento de estiércoles en lagunas (Anaeróbico), seguido de riego por aspersión.

Los sistemas de laguna son usados para tratar biológicamente los desperdicios orgánicos y para almacenamiento por períodos largos (200 días o más); entre sus ventajas más grandes se incluye: el bajo costo de construcción, bajos requerimientos de trabajo y energía, bajos costos operacionales y buen control de moscas.

Martínez (1982) al trabajar bajo condiciones de invernadero, con el cultivo de soya, a diferentes diluciones de fertilizante líquido, obtenido por biodegradación anaeróbica del estiércol de bovino, concluyó que la dilución 1:75 es la óptima que debe usarse.

## MATERIALES Y METODOS

Durante el ciclo agrícola primavera-verano 1983, se realizó un experimento en el cultivo de frijol bajo condiciones de riego.

Se probaron 6 concentraciones de biofertilizante líquido obtenido por biodegradación del estiércol de bovino, comparadas con el tratamiento de fertilización química utilizada en la región, y un testigo sin la aplicación de nutrientes (Cuadro 1). Este experimento se realizó en el Ejido San Juan de la Vaquería, Municipio de Saltillo, Coahuila.

La dosis de fertilizante químico se aplicó totalmente al momento de la siembra.

**Cuadro 1. Tratamientos de fertilizante líquido estudiados en el experimento del cultivo de frijol bajo condiciones de riego, en la región de Derramadero, Coah. 1983.**

Tratamiento No.	Dosis fertilizante líquido
1	50 lt/ha
2	100 lt/ha
3	150 lt/ha
4	200 lt/ha
5	250 lt/ha
6	300 lt/ha
7	40-40-0 kg/ha
8	Testigo sin aplicación de elementos nutritivos

La dosis de biofertilizante se hizo en 2 aplicaciones: mitad al momento de la siembra, y la otra a los 30 días después de la primera aplicación. Para la realización del experimento se utilizó el diseño experimental bloques al azar con 6 repeticiones; la parcela experimental fue de 4 surcos de 6.0 m de largo, con una separación de 0.80 m entre surcos; la densidad de siembra fue de 50 kg/ha, y la distancia entre plantas de 12 cm. La semilla utilizada fue la variedad pinto americano; la fecha de siembra fue el 3 de junio. Antes de la siembra se realizaron muestreos de suelo del sitio experimental, con el fin de conocer algunas características físico-químicas; así mismo se tomaron muestras antes de la aplicación de los fertilizantes líquidos y químico, a los tratamientos de más baja y más alta concentración de biofertilizante, al tratamiento de fertilización química, y al testigo, después de la cosecha también se muestrearon estos mismos, con el fin de llevar a cabo recuentos bacterianos. Se hicieron observaciones de días a la floración, número de vainas por planta, número de granos por vaina y madurez fisiológica.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### De los recuentos bacterianos.

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de laboratorio realizados para determinar la población bacteriana existente, antes de la siembra y después de la cosecha del sitio experimental.

**Cuadro 2. Resultado de los recuentos bacterianos llevados a cabo por el método MGC\*, 1983.**

Tratamientos		Bacterias/g de suelo seco	
		Antes de la siembra	Después de la cosecha
50 lt/ha	1	134 400	256 000
300 lt/ha	6	122 395	486 500
40-40-0 kg/ha	7	120 000	121 000
Testigo sin aplicación de nutrientes	8	137 931	240 000

\* Mercedes de la Garza Curcho

Al interpretar los resultados del Cuadro 2, se observa que hubo un aumento considerable de población bacteriana en los tratamientos 1, 6 y 8, siendo muy reducido este aumento en el tratamiento 7. En general, donde se aplicaron productos químicos, el aumento de la población bacteriana fue muy reducido.

### De las observaciones fisiológicas

En el Cuadro 3 se presentan las observaciones fisiológicas

La floración se inició por efecto de los tratamientos de más alta aplicación de fertilizante líquido y se retardó ligeramente en los tratamientos de baja aplicación, así como en el de la aplicación del tratamiento del fertilizante químico.

Por lo que se refiere a la formación de vainas, hubo una correlación respecto a la floración de los respectivos tratamientos.

En los tratamientos de más alta aplicación de fertilizante líquido, fue donde se apreció un mayor número de vainas por planta, con respecto a los demás tratamientos. El número de granos por vaina se presentó uniforme en todos los tratamientos, con una variación de 4-6; se observó que no existió incremento alguno por efectos de tratamientos. Respecto a la madurez fisiológica, se observó que la aplicación de altas cantidades de fertilizante líquido, en general, acelera el desarrollo del cultivo; el rendimiento medio de grano del tratamiento 5 fue estadísticamente superior a los tratamientos estudiados, y guarda una relación directa con los tratamientos de más alta aplicación de fertilizante líquido.

Cuadro 3. Observaciones fisiológicas del cultivo de frijol con respecto a la aplicación de los diferentes tratamientos estudiados, Derramadero, Coahuila. 1983.

Tratamientos	Días a la floración	Días a la formación de vainas	Número de vainas por planta	Madurez fisiológica	Rendimiento promedio de grano (kg/ha)
50 lt/ha	1	50	64	7	94
100 lt/ha	2	50	64	7	94
150 lt/ha	3	50	64	9	94
200 lt/ha	4	47	60	9	89
250 lt/ha	5	47	60	12	89
300 lt/ha	6	47	60	12	89
40-40-0 kg/ha	7	50	64	9	94
Testigo (sin aplicación de nutrientes)	8	55	68	7	100
					287.8

Nota: El rendimiento promedio fue bajo, debido a una mala labor cultural (escarda), que dañó algunas de las plantas.

## CONCLUSIONES

El procedimiento utilizado para la obtención del biofertilizante o fertilizante líquido a partir de recursos orgánicos es posible, dado que la fermentación anaeróbica del estiércol de bovino tarda de 25-30 días aproximadamente, y puede ser usado después de su obtención o almacenamiento.

La dosis óptima requerida en el cultivo de frijol fue la de 250 lt/ha de biofertilizante, o fertilizante líquido; se hacen 2 aplicaciones: una al momento de la siembra de 125 lt/ha, y el resto 30 días después de la primera aplicación. Al comparar los rendimientos respecto al fertilizante químico, el biofertilizante fue superior estadísticamente.

Resulta mucho más económico producir y aplicar biofertilizante, que utilizar los fertilizantes químicos comerciales.

## BIBLIOGRAFIA

- Augenstein, D.C. 1976. Packed bed digestion of municipal solid wastes. Resource recovery and conservation, USA.
- Baquedaño, M.M., M.A. Young M. y H.L. Morales. 1979. Los digestores. En: Energía y fertilizantes para el desarrollo rural INIREB.
- Martínez P.J.F. 1982. Respuesta de la soya (*Glycine max* L.) variedad Tamazula S-80 al fertilizante líquido obtenido por fermentación anaeróbica del estiércol de bovinos. Tesis M.C. Saltillo, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Programa de Graduados.
- Penagos, G.M. 1967. Plantas biológicas, solución práctica e inmediata a graves problemas nacionales. CEMAT. Guatemala, C.A.
- Pichardo, E.J. 1980. Obtención de energía mediante la digestión de estiércol de vaca. Tesis Profesional. Cuautitlán, México. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Sweeten, F.M. 1981. Manure spreading uniformity. Field study results. Presented at the high plants seminar on feedlot manure for fertilizer and fuel, Texas Agricultural Extension Service, Dimmitt, Texas. USA. November.