

Producción de biofertilizante a partir de residuos orgánicos y su aplicación en cultivo de maíz

RESUMEN: Debido a la necesidad de generar un cambio en el contexto de preservación del ambiente, de la materia orgánica y disminuir la utilización de fertilizantes químicos, surge la necesidad de producir biofertilizante. En este sentido se plantea la producción de un biofertilizante mediante el aprovechamiento de residuos orgánicos generados de la ganadería y de materia prima de fácil acceso.

En la actualidad la preservación de suelos y la materia orgánica se ha vuelto un desafío, lo que ha llevado a replantear una mejor manera de llevar a cabo agricultura, utilizando la producción de un biofertilizante a partir de residuos orgánicos para aplicarlo en cultivos de maíz, aprovechando de esta manera las materias primas disponibles, contribuyendo así, al desarrollo de manera sostenible de los suelos del país.

El desarrollo de este proyecto tiene como base la investigación de comparación experimental en la aplicación del biofertilizante obtenido mediante la descomposición anaeróbica por aproximadamente 60 días, a plantas de maíz (*Zea mays*). Obteniéndose resultados que mejoran el crecimiento y desarrollo de las plantas hasta en un 30.27%, fortaleciéndola y haciéndola más gruesa, lo que puede llevar a tener mayores rendimientos en la cosecha.

A considerar el valor económico del biofertilizante, el productor lo estará desarrollando a un costo aproximado de \$10 el litro, cuando en el mercado algunos biofertilizantes comerciales se encuentran entre los \$130 y \$560. Considerando el precio más bajo, este biofertilizante le ofrece al productor una reducción de inversión en este elemento de hasta el 91.54%, lo que representa una alternativa viable para implementar en las parcelas para quienes actualmente están produciendo maíz.

PALABRAS CLAVE:

Biol, Bioestimulante, agricultura alternativa, residuos orgánicos, Biodigestor



Colaboración

Álvaro Chávez Galavíz, Lucía Torres Rueda, Adán Sánchez García, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Tlaltlauquitepec

ABSTRACT: Due to the need to generate a change in the context of preserving the environment, organic matter and reducing the use of chemical fertilizers, the need to produce biofertilizer arises. In this sense, the production of a biofertilizer is proposed through the use of organic waste generated from livestock and easily accessible raw material.

At present, the preservation of soils and organic matter has become a challenge, which has led to rethinking a better way to carry out agriculture, using the production of a biofertilizer from organic waste to apply it to corn crops, thus taking advantage of the available raw materials, thus contributing to the sustainable development of the country's soils.

The development of this project is based on experimental comparison research in the application of the biofertilizer obtained by anaerobic decomposition for approximately 60 days, to corn plants (*Zea mays*). Obtaining results that improve the growth and development of the plants by up to 30.27%, strengthening it and making it thicker, which can lead to higher yields at harvest.

Considering the economic value of the biofertilizer, the producer will be developing it at an approximate cost of \$ 10 per liter, when on the market some commercial biofertilizers are between \$ 130 and \$ 560. Considering the lower price, this biofertilizer offers the producer a reduction of investment in this element of up to 91.54%, which represents a viable alternative to implement in the plots for those who are currently producing corn.

KEYWORDS: Biol, Biostimulant, Alternative Agriculture, Organic Waste, Biodigestor.

INTRODUCCIÓN

El aumento de la concientización sobre del deterioro que está sufriendo el medio ambiente a causa de los agroquímicos ha hecho que los productores agrícolas, vean como una alternativa viable la aplicación de los biofertilizantes, ya que en la actualidad se usa entre los productores de plántulas en invernaderos y viveros, así como el incremento de microempresas productoras de abonos orgánicos que incluyen los biofertilizantes y la producción de estos insumos por los propios productores, que los introducen a un manejo más sustentable del suelo, estas prácticas van en aumento tanto en agricultura orgánica como convencional. Se está adoptando una estrategia de suministro de nutrientes a los cultivos (hortalizas y cultivos de grano), integrando una inteligente combinación de fertilizantes orgánicos, humus de lombriz y biofertilizantes; todo ello dentro del marco de la sustentabilidad, para reducir los daños causados al ambiente y a la salud del hombre y los animales por los métodos irracionales que se han empleado en las últimas décadas [1]

Actualmente uno de los desafíos más grandes en el contexto sustentabilidad, es preservar los suelos y la materia orgánica, esto nos lleva a plantearnos una vieja y mejor manera de realizar agricultura, de forma ecológica y por lo tanto sostenible utilizando recursos orgánicos disponibles de forma local [2] [3]

Debido a la situación global de la crisis ocurrida en los últimos años nos vemos en la necesidad de producir más alimentos y de mejor calidad [4]. Ante una situación de escasa dinámica productiva, surge la necesidad de los productores de incrementar la cantidad y calidad de sus cosechas. [5] Mediante la adecuada implementación y desarrollo de tecnologías de producción económicamente viables y con el cuidado adecuado del medio ambiente, sin olvidarnos de las unidades productivas de las familias de la región, es posible contribuir a su desarrollo [6]. Todo esto abarca la propuesta agroecológica que establece una agricultura alternativa basada en insumos cien por ciento naturales, como lo son los abonos orgánicos y claro está, el rescate de los saberes que por tradición son utilizados en nuestros campos [7] [8].

Una de estas alternativas es el uso de biofertilizantes (también conocido como biol), que por gran bondad bioestimulante ayuda en gran medida a mejorar el desarrollo y el crecimiento de la plantas, produciéndolo en una forma económica y sobre todo natural [9].

Se consideró como objetivo general de investigación la producción de un biofertilizante a partir de residuos orgánicos para aplicación sobre cultivos de maíz (*Zea mays*), con la finalidad de aprovechar la materia prima disponible en la región, acelerando el crecimiento de las plantas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para desarrollar el proyecto de producción de biofertilizante a partir de residuos orgánicos para aplicación sobre cultivos de maíz (*Zea mays*) tiene su marco metodológico de investigación, comparación experimental y producción. Esta investigación permitió determinar los procedimientos de manera adecuada, obtenidos mediante la investigación realizada en diferentes fuentes bibliográficas y experiencias de personas que de alguna manera lo han utilizado.

La fase de comparación experimental determinó los insumos y materiales que se utilizaron, teniendo como base la investigación.

Requerimientos nutricionales del maíz

Una parte importante a considerar, son los requerimientos nutrimentales del maíz. La Tabla 1 indica los requerimientos nutricionales, promedio de distintas fuentes bibliográficas, para maíz, trigo, arroz, soja, girasol y alfalfa. Los requerimientos se expresan en términos de kg o g de nutrientes que deben ser absorbidos por el cultivo para producir una tonelada de grano o materia seca. Los requerimientos nutricionales de los cultivos varían de acuerdo al nivel de producción y el ambiente, por lo que debe tenerse en cuenta que estos requerimientos son solamente orientativos ya que la bibliografía indica valores variables según la fuente consultada [10].

Tabla 1. Requerimientos nutricionales del maíz.

Elemento		Requerimiento kg/ton grano
Nitrógeno	N	22
Fósforo	P	4
Potasio	K	19
Calcio	Ca	3
Magnesio	Mg	3
Azufre	S	4
Boro	B	20
Cloro	Cl	444
Cobre	Cu	13
Hierro	Fe	125
Manganeso	Mn	189
Molibdeno	Mo	1
Zinc	Zn	53

Fuente: adaptado de IPNI (2016).

Materia prima disponible

Las materias primas consideradas son el excremento fresco, sustancias que aceleren la fermentación (como el pulque), restos de procesos lácteos (leche) u otros productos que enriquezcan de minerales al biofertilizante.

Para el caso del excremento se realizó el estudio de cantidad promedio de excremento que genera el ganado de algunos productores de la región. Como resultado se obtuvo que por cada 100 kg de su peso se

genera hasta 5.3 kg, obteniéndose un total por día 53 kg de estiércol (Tabla 1), cantidad suficiente para abastecer el sistema de producción propuesto.

Tabla 2. Producción de excremento en kg por 10 animales.

Lugar donde se acumula	Cantidad acumulada por día	Cantidad acumulada por año
Corral	16.5	6022.5
Alrededor del corral	36.5	13322.5
TOTAL	53	19345

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar el promedio total producido por día de estiércol fresco es de 53 kg por el conjunto de 10 animales, lo que refleja que al año se tendría un aprovechamiento de un poco más de 19 toneladas disponibles para ser utilizadas en la producción de biofertilizante.

Con respecto al resto de los insumos, se pueden obtener fácilmente en establecimientos o como desechos de procesos propios de actividades de la región.

Puesta en marcha del biodigestor

El biodigestor de prueba tiene una capacidad de 200 l, del cual se obtendrán aproximadamente un 80% de biofertilizante, el resto es materia orgánica que puede ser utilizado como abono para la tierra. El abono obtenido se someterá a estudio en una segunda etapa para determinar la aportación de nutrientes el suelo.

Otro elemento que se puede obtener de este proceso es el bio-gas; el cual, por el momento no se está recolectando

Preparación de suministros para el biofertilizante

Se llenará el biodigestor de prueba (200 litros) con insumos determinados para la producción del biofertilizante y posteriormente su extracción y envasado. Según el planteamiento, se requiere de los siguientes insumos y cantidades presentados en la Tabla 3.

Tabla 3. Cantidad de insumos necesarios para biodigestor de prueba.

Materia prima	Cantidad	Unidades
Excremento fresco	40	Kilogramo
Levadura en pasta	1	Barra
Melaza	4	Kilogramo
Leche	4	Litro
Agua	160	Litro
Yakult	20	Pieza
Pulque	5	Litro
Ceniza	1	Kilogramo

Fuente: Elaboración propia.

La función que tiene cada ingrediente de la materia prima al biofertilizante se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4. Función de los diferentes ingredientes en la producción de biofertilizante.

Ingredientes	Función
Excremento fresco	Aporta los ingredientes vivos (microorganismos) para que la fermentación del biofertilizante ocurra. "Inóculos" o Semillas de levaduras, hongos, protozoos y bacterias; los cuales son directamente los responsables de digerir, metabolizar y colocar de forma disponible para las plantas y el suelo todos los elementos nutritivos que se encuentran en el caldo vivo que se está fermentando en el tanque.
Levadura en pasta	Se utiliza como inoculante biológico fúngico que permite incrementar la actividad microbiológica para obtener la descomposición de la materia orgánica a mayor velocidad.
Melaza	Aporta la energía necesaria para activar el metabolismo microbiológico. Aporta otros componentes en menor escala como: Calcio, Potasio, Fósforo, Boro, Hierro, Azufre, Manganeseo, Zinc y Magnesio.
Leche	Reaviva el preparado Aporta proteínas, vitaminas, grasa y aminoácidos para la formación de otros compuestos orgánicos que se generan durante el periodo de la fermentación del biofertilizante.
Agua	Facilita el medio líquido donde se multiplican todas las reacciones bioenergéticas y químicas de la fermentación anaeróbica del biofertilizantes.
Yakult	Aporta bacterias <i>Lactobacillus</i> que permiten la fermentación de la leche agregada en la preparación.
Pulque	Aportan microorganismos pertenecientes a los géneros <i>Lactobacillus</i> y <i>Leuconostoc</i> , así como levadura del género <i>Saccharomyces</i> con una alta actividad de fermentación.
Ceniza	Proporciona minerales y elementos trazas al biofertilizante para activar y enriquecer la fermentación. Dependiendo del origen de la misma y en la falta de las sales minerales, esta puede llegar a sustituirlas, (las mejores cenizas para hacer los biopreparados son las que se originan a partir de las gramíneas, ejemplo: cascarilla de arroz, caña y maíz).

Fuente: Elaboración propia

Instalación del biodigestor de prueba

Considerando la disponibilidad de los materiales y de la materia prima para el propósito del proyecto, se preparó un biodigestor con una capacidad aproximada de 180 litros. Dicho biodigestor consta de un tambo de plástico de 200 litros con tapadera. La salida del gas que se genera, se controla con una manguera conectada en la tapadera hacia un recipiente con agua colocado a un costado del tambo con la finalidad de no permitir el paso del oxígeno hacia el interior (ver Figura 1 y 2).



Figura 1 y 2. Preparación de la mezcla

Una vez que se tiene toda la materia prima se lleva a cabo el siguiente proceso:

1. Toda la materia prima se integra en el tambo de 200 litros hasta obtener una mezcla homogénea
2. Se tapa el bote y se sella para no permitir la entrada de oxígeno. La tapa se perfora para colocar una manguera que servirá como dosificador del gas que se produce durante el proceso de descomposición, procurando colocar el extremo de la manguera en un recipiente con agua de manera que no exista acceso de oxígeno al contenedor, ya que el proceso es estrictamente anaerobio.
3. Una vez que se cumple el proceso de descomposición anaeróbica se vacía el contenido para colar y almacenar el biofertilizante en envases (preferentemente opacos), para su utilización.

Prueba de aplicación del biofertilizante sobre cultivos de maíz en una parcela

Se llevó a cabo la prueba de efectividad del biofertilizante sobre la productividad de los cultivos de ciclo corto. Específicamente, la especie considerada es el maíz (*Zea mays*) que fue plantado en tres parcelas de prueba con las siguientes características:

Suelo de textura franco arcilloso, pH de 5,7 y contenido de materia orgánica de 2,4%. Las principales condiciones agro-climatológicas influyentes, sobre los resultados son el clima de con temperaturas entre 15°C y 24°C, precipitación de entre 1200 ppm y 3200 ppm anual y la humedad de 80%.

Esta constituido de tres parcelas experimentales de 5 mts. de ancho y 15 mts., de largo cada una de ellas, sometidas a diferentes tratamientos (K) que fueron seleccionados al azar. Las dosis de aplicación de biofertilizante para cada tratamiento son diferentes, el primero (KI) en 10%, el segundo (KII) en 5% y el tercero (K) se establece como testigo. Los porcentajes de dosis representan a la mezcla total con agua para la aplicación (20 litros).

Tabla 5. Dosis de aplicación del biofertilizante en los diferentes tratamientos

Dosis de biofertilizante	Dosis de biofertilizante por cada aplicación	Litros de biofertilizante durante el experimento
K – Testigo	–	–
KI – al 10%	2 L por 20 de agua	25.5
KII – al 5%	1 L por 20 de agua	12
TOTAL	3 L por 40 de agua	37.5

Fuente: Elaboración propia

Las parcelas en las que se realizó la prueba contienen 330 plantas cada una, colocadas a una distancia de 27 cm entre ellas en cada surco. La distancia entre surco y surco fue de 80 cm.

Durante el proceso de crecimiento de la planta se llevaron a cabo cinco (entre semana) aplicaciones del biofertilizante en diferentes etapas de crecimiento, como lo muestra la siguiente tabla:

Tabla 6. Numero de aplicaciones del biofertilizante sobre el cultivo

Numero de aplicación	Etapas de crecimiento de la planta
1	A la 1er semana de la siembra
2	A la 2da semana de la siembra
3	A las 3er semana de la siembra
4	A la 4ta semana de la siembra
5	Durante la floración (aproximadamente en la semana 8)

Fuente: Elaboración propia

Fueron consideradas estas aplicaciones, debido a la información proporcionadas por productores entrevistados.

La aplicación del biofertilizante a las plantas fue foliar, por lo que se utilizó una mochila de aspersión. Se llevó a cabo un registro de crecimiento y desarrollo de las plantas, tal registro se tomó cada inicio

de semana considerando las variables establecidas para determinar el efecto que tenía el biofertilizante sobre el crecimiento de las plantas.

Tabla 7. Frecuencia de registro de las variables medidas

VARIABLE	FRECUENCIA DE REGISTRO
Altura de la planta	Semanal
Diámetro del tallo	Semanal
Ancho de la hoja más desarrollada	Semanal

Fuente: Elaboración propia

Recursos utilizados

Los recursos que se utilizaron para el desarrollo de esta primer etapa del proyecto fueron los humanos y económicos.

- Los recurso humanos fueron los encargados de llevar a cabo todas las actividades programadas, dichos recursos están conformados por estudiantes de las carreras de Ingeniería en innovación Agrícola Sustentable y Contador Público
- Los recursos económicos fueron necesarios para cubrir los gastos de adquisición de los materiales, herramientas y materia prima utilizados en el desarrollo del proyecto.

Los costos para la implementación del biodigestor de prueba se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 8. Costo para la implementación del biodigestor de prueba y producción de biofertilizante

	DESCRIPCIÓN	COSTO
Materiales	Tambo de plástico del 200 L	\$ 460.00
	Manguera de ¼ pulg	\$ 3.00
	Plastiloca	\$ 20.00
	Cinta adhesiva de goma natural - PVC	\$ 59.00
Materia prima	Levadura	\$ 60.00
	Melaza	\$ 25.00
	Leche	\$ 40.00
	Yakult	\$ 100.00
	Pulque	\$ 40.00
Mano de obra	Recolección, traslado e integración de materia prima	\$ 240.00
TOTAL		\$ 1047.00

Fuente: Elaboración propia

Cronograma de actividades

Las actividades para la primer fase del proyecto

(Crecimiento de la planta) requirió de aproximadamente once meses para su desarrollo, dichas actividades se presentan en el siguiente cronograma.

La programación de las actividades responde a los lapsos de tiempo requerido para cada una de las fases del proyecto, lo cual está fijado por meses. (Ver Anexo A)

RESULTADOS

Producción del biofertilizante

El biodigestor de prueba inicia su funcionamiento con la mezcla de los insumos al interior, donde el proceso de biodigestión al interior se inicia y tuvo una duración de 60 días. De esta manera se produjeron 160 litros de biofertilizante.

Efecto del biofertilizante sobre la planta de maíz

Los resultados obtenidos de la aplicación del biofertilizante sobre el cultivo de maíz en la parcela de prueba se pueden observar en la siguiente información:

Tabla 9. Medida de la altura de la planta de maíz (cm)

Aplicación	Tratamiento		
	K	KI	KII
A la 1er semana	7.5	11.5	15
A la 2da semana	34	37	40.5
A la 3er semana	54.7	55	59
A la 4ta semana	79	86.5	87.3
A la 5ta semana	99.6	126.7	109.7

Fuente: Elaboración propia

Considerando la altura de las planta al final del experimento, se puede observar que el tratamiento KI presenta un 27.21% más con respecto a K (testigo).

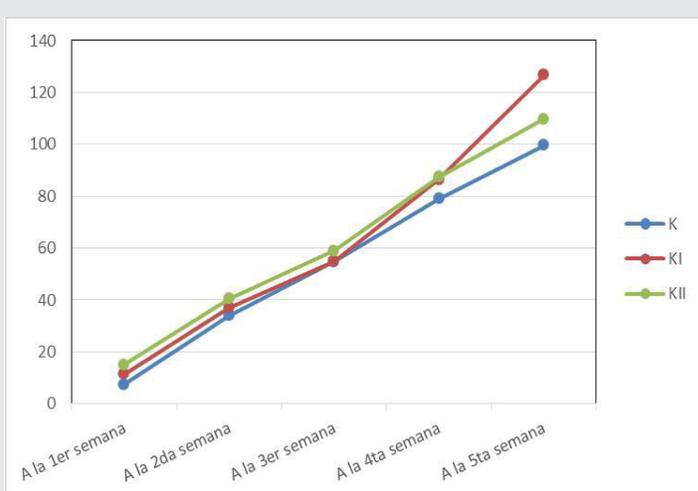


Figura 3. Comportamiento del crecimiento (cm) de la planta de maíz con los tres tratamientos