



III CADI
IX CAEDI
2016



INSTALACIÓN DE UN BIODIGESTOR Y EFECTO DE LA ADICION DE BIOFERTILIZANTE EN LA GERMINACION DE SEMILLAS DE LECHUGA *Lactuca sativa* L.

Daniela Tenev, UTN FRRe, mdtenev@gmail.com

Alejandro Farías, UTN FRRe, alefarias@frre.utn.edu.ar

Enrique Utgés, UTN FRRe, gistaq@frre.utn.edu.ar

Víctor Gauto UTN FRRe, victor.gauto@outlook.com

Gastón Lara, UTN FRRe, gmauro77@gmail.com

Camila Torre, UTN FRRe, camimtorre@gmail.com

Sofía Romero, UTN FRRe, sofializ.19@gmail.com

Gonzalo Dos Santos, INTA, dossantos.gonzalo@inta.gob.ar

Resumen— Un método simple y económico de ahorrar recursos en una granja, es la instalación de un biorreactor, ya que permite producir biogás y biofertilizante a partir de los desechos orgánicos de los animales. Como beneficio ecológico extra, se reduce la fuente de gran contaminación que constituyen las excretas. Además, el equipo requiere poco mantenimiento y es de fácil operación.

Este trabajo se centra en el estudio del biofertilizante obtenido en un biorreactor instalado en un campo de Virasoro (Corrientes). Se realizaron análisis de laboratorio (nitrógeno total, DBO, fosfatos) para caracterizar el fluido. Mediante el Índice de Germinación, llevado a cabo con plantas de lechuga (*Lactuca sativa*), se evaluó la capacidad benéfica del mismo. Asimismo, se realizó un estudio del contenido bacteriano para verificar la inocuidad del biofertilizante.

El regado con biofertilizante permite determinar que una concentración del 10% v/v es la más adecuada.

Palabras clave— *biofertilizante, índice de germinación, reactor anaerobio, Lactuca sativa.*

1. Introducción

El creciente aumento de la población mundial y la demanda de bienes alimenticios, ha provocado un incremento en las actividades agropecuarias y con ello un crecimiento en los desechos provenientes de esta actividad. Son evidentes los problemas ambientales y las molestias que causan los olores, vectores y patógenos que se desarrollan en los establecimientos agropecuarios que se transmiten al ambiente y a las personas.

La manipulación, el almacenamiento, la estabilización y finalmente el traslado de los residuos orgánicos a su destino final, constituyen un problema ambiental y económico.

Los Biodigestores, son equipos simples que convierten los residuos orgánicos provenientes de los establecimientos agropecuarios en biogás y biofertilizante. El principio básico de funcionamiento es la descomposición de los residuos orgánicos procedentes de los establecimientos agropecuarios en compuestos más simples.

2. Puesta en marcha de biorreactor en Virasoro (Corrientes)

A través de un convenio entre el GISTAQ, dependiente de la Universidad Tecnológica Nacional Regional Resistencia, y la Agencia de Extensión Rural Virasoro, Estación Experimental Agropecuaria Mercedes (provincia de Corrientes) del INTA, se organizó la construcción, instalación y puesta en marcha de un biorreactor del tipo silo-bolsa en un campo perteneciente a un trabajador agropecuario de la zona. En el mismo, se incluían los análisis de laboratorio pertinentes para caracterizar el biofertilizante.

El INTA se ocupó del diseño del biorreactor, de contactarse con el propietario del campo, la compra de los materiales y supervisión general del proyecto. Por su parte, el GISTAQ se encargó de los análisis de laboratorio del biofertilizante y control del mismo.

2.1 Biorreactor

El cuerpo del reactor es un silo-bolsa parcialmente enterrado, con conducciones de ingreso de efluente y egreso de biofertilizante y tuberías para la salida de biogás.

El silo-bolsa tiene una longitud de 20m, con un ancho de 1,5m y un espesor del film de 100 μ m. Se lo plegó de forma tal que tenga un largo de 10m y sea doble capa a fin de darle una mayor resistencia mecánica.

El largo del silo-bolsa es superior a la longitud del pozo debido a que parte del silo-bolsa se destina a las conducciones de entrada/salida como se muestra en la siguiente figura:



Figura 1: Detalle de la salida del silo-bolsa.

Fuente: propia.

2.2 Ingreso de efluente

Consta de un tanque de entrada, donde se lleva a cabo la mezcla de 4 volúmenes de agua corriente y 1 volumen de excreta vacuna; en la parte inferior cuenta con una salida donde el líquido se dirige mediante una canaleta al interior del silo-bolsa. Esta operación se realiza cada vez que se va a llenar el biorreactor.



Figura 2: Tanque de mezcla.
Fuente: propia.

2.3 Egreso de biofertilizante

El biofertilizante que emerge del biorreactor es conducido hasta un tanque de 1000L enterrado, donde se lo almacena. Al momento de emplearlo para el riego, se lo bombea hasta un recipiente diseñado para tal fin.



Figura 3: Tanque de almacenamiento del biofertilizante
Fuente: propia.

En la Figura 3 superior se aprecia la salida del silo-bolsa, la canaleta que conduce el fluido hasta el tanque bajo tierra y la bomba con la que se lo extrae.

2.4 Instalación

El foso donde fue colocado tenía las siguientes dimensiones:

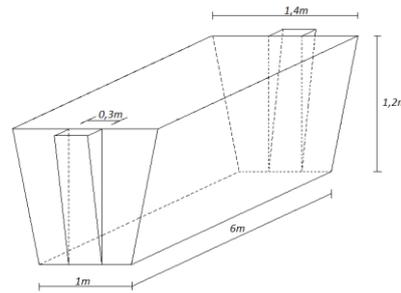


Figura 4: Plano del pozo excavado.

Fuente: propia.

Las conexiones de entrada y salida del biorreactor consisten en baldes plásticos sin fondo unidos entre sí, lo cual abarata costos [1].

El orificio de salida del biogás se ubicó en la parte superior del silo-bolsa y en la zona media. Se emplearon caños de PVC y se colocó una botella invertida llena de agua para detectar la producción de gas.

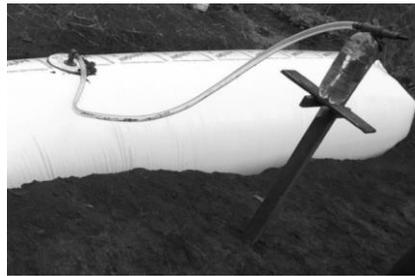


Figura 5: Detector de biogás.

Fuente: propia.

Una vez colocado el silo-bolsa dentro del pozo y luego de haberlo pasado a través de las conducciones, se procedió a inflarlo con aire a fin de asegurar la correcta colocación del biorreactor, detectar fugas y determinar si el pozo estaba bien excavado. Para el inflado, se usó un soplador de aire portátil.



Figura 6: Silo-bolsa inflado.

Fuente: propia.

Cuando se verificó que todo estaba correctamente ubicado, se llenó el silo-bolsa con agua para que se asiente y ocupe su volumen final. Posteriormente, se inició la puesta en marcha.

3. Materiales y métodos

Para determinar el valor benéfico del biofertilizante se lo sometió a diferentes análisis, como el contenido de nitrógeno, concentración de fosfato, DQO, DBO y pH. Dado el uso agrícola del fluido, es necesario llevar a cabo una determinación práctica con vegetales; se optó por la técnica del Índice de Germinación. Se evaluó la presencia de coliformes totales y fecales.

3.1 Nitrógeno total

El principal nutriente de las plantas es el nitrógeno y es el más absorbido [2]. La evaluación del Nitrógeno Total sirve como parámetro de la calidad del biofertilizante. El método empleado para determinarlo es el propuesto por Kjeldahl.

Se utilizó el método normalizado para el análisis de aguas potables y residuales, 4500-Norg B. método macro-kjeldahl [3].

3.2 Fosfato

El fósforo es un elemento muy importante en el crecimiento de las plantas [4]. Para determinarlo, se recurre al Método Normalizado para el análisis de aguas potables y residuales, 4500-P C, Método colorimétrico del ácido vanadomolibdofosfórico [3]. Debido a la fuerte coloración del biofertilizante, se utilizó el método de adición de estándares, evitando así los métodos de remoción de color.

3.3 DBO

La Demanda Biológica de Oxígeno es un indicador de la cantidad de materia orgánica presente en la muestra que puede ser degradada por microorganismos.

Se determinó a partir del método normalizado para el análisis de aguas potables y residuales, 5210B. Prueba de Requerimiento de Oxígeno Biológico de 5 días [3].

3.4 Análisis bacteriológico

Debido a que el biofertilizante proviene de materia prima de excrementos animales, es sumamente importante analizar la presencia de bacterias patógenas, debido al peligro que representan para la salud de los operadores y la siembra.

Se empleó el Método de filtración por membrana, con el medio de cultivo MIB-050P para coliformes totales y el medio MFC-050 para coliformes fecales, siguiendo las recomendaciones dadas por el fabricante del cultivo (Microclar).

3.5 Evaluación del índice de germinación

Para determinar la capacidad que posee el biofertilizante de favorecer el crecimiento de los cultivos se procedió a la medición del Índice de Germinación (IG), el cual permite obtener

resultados confiables en un reducido tiempo de exposición, sin requerir equipamiento sofisticado ni altos costos de operación [5].

Este método es capaz de evaluar simultáneamente el grado de toxicidad que presenta el biofertilizante [5].

Se realizan diferentes ensayos en los que se evalúa el crecimiento de semillas de lechuga [5] en condiciones controladas para luego compararlas con un blanco que sólo utiliza agua destilada. Se emplea este vegetal debido su rápido crecimiento, fácil germinación y elevada sensibilidad a la toxicidad [6] [7].

La técnica operativa para determinar el IG consiste en sembrar las semillas en placas de Petri, ubicarlas sobre papel de filtro, envolverlas en papel film para evitar la pérdida de humedad y mantenerlas a 20 °C en incubadora durante 4 días [8].

Inicialmente se puso a punto la técnica, para lo cual se realizan dos ensayos por separado en los que se utilizan cantidades diferentes de semillas y volumen de fertilizante. En función de los resultados obtenidos, se elige uno de los métodos a fin de hacer un análisis más profundo.

En el “ensayo 1” se colocó 10 semillas por placa a las cuales se les adicionaron 10 ml de solución de fertilizante al 1, 50 y 100% v/v. Simultáneamente, se procesó una siembra testigo en la que se regó otras 10 semillas con el mismo volumen de agua destilada [6].

En el “ensayo 2” se utilizaron 20 semillas y 5 ml de solución de fertilizante manteniendo las mismas concentraciones del ensayo 1. Nuevamente se procesó un testigo de agua destilada para comparar el crecimiento [8].

El valor de IG se consigue con la expresión sugerida por Tiquia [9] que permite evaluar tanto la germinación de la semilla como el crecimiento de la raíz.

$$IG = \frac{G_M \times L_M}{G_B \times L_B} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

G_M : cociente entre la cantidad de semillas germinadas y el total de semillas, de cada placa.

L_M : longitud promedio de las radículas presentes, de cada muestra dada.

G_B : cociente entre la cantidad de semillas germinadas y el total de semillas, del blanco.

L_B : longitud promedio de las radículas presentes, del blanco.

Finalizado el período de germinación, se miden cuidadosamente las radículas de cada semilla y se realizan los cálculos correspondientes.

Una vez que se determina el IG, se procede al traspaso de aquellas semillas germinadas a pequeños cubículos rellenos con tierra negra a fin de seguir el proceso de crecimiento de las plantas de lechuga y llevar un registro visual de la evolución de las mismas.

Las semillas germinadas fueron distribuidas en una cuadrícula, denominada “Panel 1”, ubicadas de la siguiente forma:

INSTALACIÓN DE UN BIODIGESTOR Y EFECTO DE LA ADICION DE BIOFERTILIZANTE EN LA GERMINACION DE SEMILLAS DE LECHUGA *Lactuca sativa L.*

Tabla 1. Panel 1.

| | | | | | | | | |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|--|
| Blanco | A | A | A | B | B | B | A | 10 ml de Agua destilada |
| 1% | C | C | C | D | D | D | B | 10 ml de agua de grifo |
| 5% | C | C | C | D | D | D | C | 10ml de fertilizante correspondiente |
| 10% | C | C | C | D | D | D | D | 1 vez con 10 ml de fertilizante correspondiente y luego con 10 ml de agua de grifo |
| 15% | C | C | C | D | D | D | | |
| 25% | C | C | C | D | D | D | | |
| 50% | C | C | C | D | D | D | | |

Fuente: Elaboración propia.

Cada fila es regada con la concentración de biofertilizante indicada a la izquierda.

En paralelo, se realiza en el “Panel 2” la siembra de semillas sin germinar, las cuales son regadas como se muestra a continuación:

Tabla 2. Panel 2.

| | | | | | | | | |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Blanco | A | A | A | B | B | B | A | 5 ml de agua destilada. |
| 1% | C | D | D | E | E | F | B | 10 ml de agua destilada |
| 5% | C | D | D | E | E | F | C | 1 vez con 10 ml de fertilizante correspondiente, luego con 10 ml de agua destilada. |
| 10% | C | D | D | E | E | F | D | 10 ml de fertilizante correspondiente. |
| 15% | C | D | D | E | E | F | E | 5ml de fertilizante correspondiente. |
| 25% | C | D | D | E | E | F | F | 1 vez con 5 ml de fertilizante correspondiente y luego con 5 ml de agua destilada. |
| 50% | C | D | D | E | E | F | | |

Fuente: Elaboración propia.

En ambos paneles los riegos eran diarios con el cuidado de que la temperatura no fuese muy baja a fin de no causar daños a las plantas.

4. Resultados

Se listan a continuación los resultados de los análisis químicos:

- Nitrógeno total

El valor de la concentración de N es de 0,0089% p/p.

- Fosfato

La cantidad de fosfato encontrada en el biofertilizante fue de 0,281% p/p.

- DBO

El valor de DBO hallado fue de 142 ppm O₂.

- pH

El pH del biofertilizante es de 6,9, cercano a la neutralidad.

- Análisis bacteriológico

Resultados negativos en presencia de coliformes fecales y en coliformes totales.

Los valores de IG obtenidos en los dos ensayos realizados son los siguientes:

Tabla 3: Índice de Germinación [%]

| | Concentración de fertilizante [% v/v] | | |
|-------------|---------------------------------------|-------------|-------------|
| | 1 | 50 | 100 |
| IG Ensayo 1 | 96,5 | 72,7 | 69,7 |
| IG Ensayo 2 | 112,7 | 94,6 | 77,9 |

Fuente: Elaboración propia.

Para las diferentes composiciones, el valor de IG es siempre mayor en el ensayo 2. A partir de esto, se define que se continuarán las experiencias con las condiciones dadas por dicho ensayo: 20 semillas de lechuga con 5 ml de solución de biofertilizante.

Se muestran fotografías de ambos paneles:



Figura 7: Panel 1

Fuente: Elaboración propia.

*INSTALACIÓN DE UN BIODIGESTOR Y EFECTO DE LA ADICIÓN DE BIOFERTILIZANTE EN LA GERMINACION DE SEMILLAS DE LECHUGA *Lactuca sativa* L.*



Figura 8: Panel 2
Fuente: Elaboración propia.

Pasados los 40 días después de la siembra en los paneles, las plantas de lechuga eran demasiado grandes para el lugar donde se encontraban, por lo que se decidió trasladarlas a macetas de mayor tamaño, y modificar el riego: se emplea solo agua de grifo, el blanco se continúa regando con agua destilada.



Figura 9: Macetas con plantines de lechuga
Fuente: Elaboración propia.

Al momento de entrega de esta publicación, las lechugas presentaban el siguiente aspecto:



Figura 10: Macetas con plantas de lechuga bien desarrolladas
Fuente: Elaboración propia.

Se analizó el IG para diferentes concentraciones de biofertilizante: 1, 5, 10, 25 y 50% v/v. Los valores que se obtuvieron fueron los siguientes:

Tabla 4: IG [%] a diferentes valores de concentración de biofertilizante.

| | Concentración de biofertilizante | | | | |
|----|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 1% | 5% | 10% | 25% | 50% |
| IG | 63,2 | 119,6 | 123,5 | 118,6 | 109,4 |

Fuente: Elaboración propia.

El gráfico asociado a la tabla 2 es:

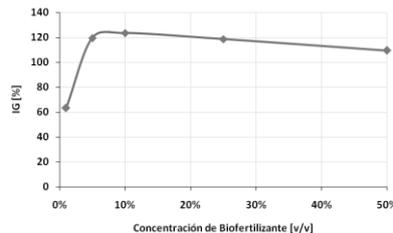


Figura 11: Curva de IG vs Concentración de biofertilizante

Fuente: Elaboración propia.

La curva que se aprecia en la Figura 11 muestra que a medida que se incrementa la concentración, el biofertilizante pierde eficiencia, tal como lo indica Macías *et al* (2010).

5. Conclusiones

Los valores obtenidos del IG permiten concluir que el líquido proveniente del silo-bolsa es un fertilizante beneficioso para las semillas de lechuga (*Lactuca sativa*), en las condiciones en las que fue llevada a cabo la experiencia. Al 1% v/v no es recomendable su uso como fertilizante, dado el bajo valor de IG. Para las demás concentraciones, IG siempre es superior al 100%.

El regado con biofertilizante permite determinar que una concentración del 10% v/v es la más adecuada, dado que tanto para contenidos mayores como menores el IG disminuye.

Este comportamiento posiblemente se debe a que para concentraciones menores al 10% v/v, los nutrientes presentes en el fluido no logran satisfacer las necesidades nutricionales del vegetal. A valores mayores al 10% v/v, las cantidades de N y P se encuentran en exceso, en detrimento de las plantas de lechuga.

La descripción de un caso real de construcción y puesta en marcha de un silo-bolsa como reactor anaerobio para generar biofertilizante y biogás, demuestran que con pocos recursos económicos es posible producir manifiestos beneficios. Adicionalmente, se reduce significativamente la contaminación causada por los desechos animales.

6. Referencias

- [1] J. POTSCCHKA. (2012). “Biodigestores plásticos,” *Rev. Prod.* XXI, vol. 243, pp. 387–389.
- [2] A. FLORES MACÍAS; R. A. MIRANDA FRANCO; A. GALVIS SPÍNOLA; M. T. HERNÁNDEZ MENDOZA; G. RAMOS ESPINOZA. (2010). “Estudio sobre el requerimiento interno de nitrógeno en lechuga (*Lactuca sativa*),” *Soc. Rural. Prod. y Medio Ambient.*, vol. 10, pp. 83–100.
- [3] L. S. CLESCERI; A. E. GREENBERG; R. R. TRUSSELL. (1989). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*, 17ma ed.
- [4] C. L. IIDA; C. C. SHOCK. (2009). “El dilema del fósforo,” *Panacea*, vol. 16, no. 42, p. 189.
- [5] M. D. C. LALLANA; C. E. BILLARD; J. H. ELIZALDE; V. H. LALLANA. (2008). “Bioensayo de germinación de *Lactuca sativa* (L.): determinación de calidad de agua en represas para riego,” *Rev. la Fac. Ciencias Agrar.*, vol. 40, no. 1, pp. 29–38.
- [6] J. CELIS; M. SANDOVAL; E. ZAGAL; M. BRIONES. (2006). “Efecto de la adición de biosólidos urbanos y de salmonicultura sobre la germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en un suelo patagónico,” *Medicina (B. Aires)*, vol. 6, no. 3, pp. 13–25.
- [7] V. GIACONI; M. ESCAFF. (1998). *Cultivo de Hortalizas*, 15ta ed. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- [8] E. G. ENRÍQUEZ-PEÑA; H. SUZÁN-AZPIRI; G. MALDA-BARRERA. (2002). “VIABILIDAD Y GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE *Taxodium mucronatum* (Ten.) EN EL ESTADO DE QUERÉTARO, MÉXICO,” *Agrociencia*, vol. 38, no. 3, pp. 375–381.
- [9] S. M. TIQUIA. (1999). “Evaluating Phytotoxicity of Pig Manure from the Pig-on-Litter System S. M. Tiquia Department of Food, Agricultural, y Biological Engineering, The Ohio State University, Ohio Agricultural Research and Development Center (OARDC), Wooster OR 44691, U.S.A.,” *Proc. ICS '99*, pp. 625–647.