

## CARACTERIZACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS ELABORADOS DE DESPERDICIOS DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA EN EL NORTE DE SINALOA, MÉXICO: UNA ALTERNATIVA PARA LAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS SUSTENTABLE

### CHARACTERIZATION OF ORGANIC FERTILIZERS MADE FROM FOOD INDUSTRY WASTE IN NORTHERN SINALOA, MEXICO: AN ALTERNATIVE FOR APPLICATION IN SUSTAINABLE AGRICULTURE

Nataly López-Soto y Jesús Ramón Rodríguez-Apodaca

#### Resumen

El uso indiscriminado de fertilizantes sintéticos en las prácticas agrícolas amenaza a los suelos y la pérdida de la diversidad de los ecosistemas; una alternativa sustentable para el uso de estos compuestos es la elaboración de abonos o fertilizantes orgánicos aprovechando los residuos de la industria alimentaria y de esta manera darles un segundo uso a los desperdicios, esto representa una estrategia para mitigar su impacto; así como, los bioinoculantes elaborados a partir de microorganismos que se aplican al suelo para ser probados en la producción de frijol y en las propiedades fisicoquímicas del suelo. Se elaboró un abono orgánico a partir de la mezcla de desperdicios de maíz resultantes del proceso de enlatado de la industria alimentaria, estiércol de vaca y rastrojo de maíz, el cual fue analizado en un laboratorio agrícola para conocer los parámetros de especificación mostrando

una humedad >60% indica que las condiciones aeróbicas son óptimas para el desarrollo de los microorganismos. El pH obtenido cumple con la escala de 7 a 8.5, la conductividad eléctrica es baja y se sugiere que la concentración de sodio y potasio, así como también compuestos de cloruro, nitrato, sulfato y sales de amonio estén por debajo de lo reportado. El contenido de materia orgánica debe oscilar entre 20 y 25% pero en este caso obtuvo un valor mayor que indica una mejoría en la capacidad retención de agua y la relación carbono nitrógeno  $C/N < 20$  indica grado avanzado de estabilización de la materia orgánica.

**Palabras clave:** compostaje, biofertilizante, frijol.

#### Abstract

The indiscriminate use of synthetic fertilizers in agricultural practices threatens

soils and the loss of ecosystem diversity; A sustainable alternative for the use of these compounds is the preparation of organic fertilizers or fertilizers taking advantage of the waste from the food industry and in this way giving the waste a second use, this represents a strategy to mitigate its impact; as well as bioinoculants made from microorganisms that are applied to the soil to be tested in bean production and in the physicochemical properties of the soil. An organic fertilizer was prepared from the mixture of corn waste resulting from the canning process of the food industry, cow manure and corn stover, which was analyzed in an agricultural laboratory to know the specification parameters showing a Humidity > 60% indicates that aerobic

conditions are optimal for the development of microorganisms. The pH obtained complies with the scale of 7 to 8.5, the electrical conductivity is low and it is suggested that the concentration of sodium and potassium, as well as chloride compounds, nitrate, sulfate and ammonium salts are below what has been reported. The organic matter content should range between 20 and 25% but in this case a higher value was obtained which indicates an improvement in the water retention capacity and the carbon nitrogen C/N ratio <20 indicates an advanced degree of stabilization of the organic matter.

**Keywords:** composting, biofertilizer, beans.

## INTRODUCCIÓN

En México se conoce como frijol a diferentes especies del género *Phaseolus*, entre las cuales, la de mayor importancia económica es *P. vulgaris* (*frijol común*), por ser la base de la alimentación entre su población durante miles de años, además que nuestro país es reconocido como centro primario de domesticación y diversidad genética (Álvarez y Herrera, 2015).

La agricultura ha sido reconocida por su contribución a la economía y aportes a la alimentación, y al desarrollo de los pueblos (Cuadras et al., 2021). En el estado de Sinaloa, esta práctica es una de las actividades económicas más relevantes, su desarrollo tuvo auge entre 1970 y 1990 cuando se duplicó la superficie irrigada y se distribuyó ésta entre los ejidatarios, esto dio como origen la necesidad de incrementar los rendimientos de los cultivos con el aumento del uso de fertilizantes, plaguicidas y herbicidas como consecuencia de la llamada “Revolución Verde” (Campos et al., 2010).

Sin embargo, la aplicación de fertilizantes químicos en las prácticas agrícolas, desde los años cincuenta constituían solo un pequeño porcentaje de los nutrientes necesarios para la producción de granos, puesto que la mayor parte del suministro era proporcionado por la "fertilidad natural" del suelo y el estiércol agregado (Kumar et al., 2019).

La aplicación de estos productos se hace con la finalidad de aumentar el crecimiento y el vigor de las plantas para un mayor rendimiento en la

producción, lo cual contribuye a la seguridad alimentaria del mundo, pero estas sustancias químicas al no ser absorbidas en su totalidad por la planta, comienzan a acumularse en el agua subterránea contaminando los mantos freáticos (Savci, 2012), afectando negativamente al suelo en términos de agotamiento de la capacidad de retención de agua, fertilidad, aumento de la salinidad y diferencia en los nutrientes (Trishna et al., 2017).

Por lo tanto, la agricultura actual tiene que implementar prácticas más amigables con el medio ambiente; con la reforma de las prácticas agrícolas para cumplir este criterio es un paso hacia la sostenibilidad del sector agrícola y promover la agricultura sostenible “ODS 2 Es crear un mundo libre de hambre para 2030” así como, una producción y consumo responsable “ODS 12 Pretende garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles, algo fundamental para sostener los medios de subsistencia de las generaciones actuales y futuras” y así reducir la huella ecológica mediante un cambio en los métodos de producción y consumo de bienes y recursos a través, de la gestión de residuos orgánicos urbanos que afecta la biodiversidad, la economía y la seguridad alimentaria de los países y que son conocidos como "mermas" y que pueden reconocerse como pérdidas si obedecen a las ineficiencias en la cadena de suministro, darles el nombre de desperdicio si son deliberados de productos comestibles y los despilfarros son todos los alimentos, que se pierden por descomposición o desaprovechamiento (Ramírez et al., 2017).

La cadena de suministros de alimentos comienza con la producción de residuos o subproductos que pueden ser de origen agrícola o de la ganadería como pueden ser rastrojos y estiércol, desperdicios de frutas o vegetales de baja calidad, producciones dañadas que quedan en campo. Así como, las industrias de manufactura de alimentos tienen pérdidas durante la fase de producción como daños al ser transportada la materia prima, problemas de almacenamiento y contaminación (Giroto et al., 2015; Parfitt et al., 2010). Por tal motivo, es importante hacer énfasis en la gestión eficiente de los recursos naturales y la forma en que se eliminan los desechos y así reducir a la mitad el desperdicio per cápita de alimentos en el mundo, transitar a cadenas de producción y suministro económicamente más eficientes, para contribuir con ello a la seguridad alimentaria (ODS 12).

Debido a esto se debe pedir a las industrias, los negocios y los consumidores, reciclar y reducir sus desechos, asimismo el apoyar a los países en desarrollo a avanzar hacia patrones sostenibles de consumo para el año 2030.

El compostaje es un proceso bioquímico que convierte varios componentes, de los desechos orgánicos, en sustancias similares al humus, relativamente estable, que se pueden usar como una enmienda del suelo o

fertilizante orgánico bajo un proceso de biodegradación fácil, económico y natural que toma los desechos de alimentos generalmente, con lo cual se puede obtener una fuente rica en nutrientes para las plantas (Bratovcic et al., 2018).

Los fertilizantes o abonos orgánicos pueden prevenir, controlar e influir en la severidad de enfermedades provocadas por patógenos del suelo; además, sirven como fertilizantes y mejoradores del suelo debido al estiércol que contiene grandes cantidades de compuestos orgánicos de fácil descomposición, su adición al suelo casi siempre resulta en un aumento en la actividad biológica; en general, esto incrementa la disponibilidad de nutrimentos para las plantas, la velocidad de infiltración, la conductividad hidráulica y la retención de agua (Ávalos et al., 2018).

El estado Sinaloa se procesan alimentos en la industria (Flores et al., 2013), donde se generan residuos que pueden ser considerados por su cantidad para la elaboración de subproducto (Lim et al., 2015) y ser aprovechados para elaboración de abonos o fertilizantes orgánicos (Bratovcic et al., 2018), esto como una alternativa sustentable para mantener el nivel de producción agrícola y reducir el uso de la fertilización sintética de la misma manera que ya son empleados los biofertilizantes preparados a partir de microorganismos que se aplican al suelo con el mismo objetivo (Ávalos et al., 2018).

El uso de biofertilizantes y abonos orgánicos puede contribuir a reducir el uso de fertilizantes inorgánicos y otros agroquímicos, contribuyendo de esta manera a una mejor calidad de suelo y mayor productividad de los cultivos. El objetivo fue evaluar el efecto de un biofertilizante y un abono orgánico elaborado a partir de residuos de la industria alimentaria en la zona norte del estado de Sinaloa para ser probado en la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y en las propiedades físico-químicas del suelo.

## MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

### a) Preparación del abono orgánico

El abono se estableció en un invernadero tipo capilla de 3 metros de largo por 2 metros de ancho, el cual se elaboró con la mezcla de desechos de maíz obtenidos del proceso de enlatado de la industria alimentaria, estiércol de vaca y rastrojo de maíz, como fuente de carbono. Los insumos del abono fueron mezclados en la misma proporción de cantidades y humedecidos con

agua hasta saturar y finalmente descompuestos por efecto de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), toda la mezcla fue empleada para lombricompostaje.

Se estableció un calendario de mantenimiento, de alimento y agua para el desarrollo óptimo de las lombrices de la mezcla que permaneció activa por 18 meses. La mezcla o revuelta del abono orgánico se hizo de forma manual, mezclándose de forma homogénea cada 3 días después de agregar la lombriz, y cada 10 días posterior a los 2 meses. Se aplicó riego manual diariamente, se agregó rastrojo de maíz de manera mensual para cuidar la humedad de la mezcla.

### **b) Parámetros evaluados**

Se midieron los siguientes parámetros de los abonos orgánicos: potencial hidrogeno pH, C.E conductividad eléctrica, % humedad, % de carbono, % de materia orgánica, relación C/N carbono/nitrógeno. Así como, la cantidad de macroelementos; nitrógeno total, el nitrógeno amoniacal, fósforo total, potasio total, magnesio, calcio, azufre soluble en agua y cantidad de sodio; y la cantidad de microelementos de hierro, zinc, manganeso, cobre y boro del compostaje del abono. Todos los parámetros fueron evaluados por un laboratorio agrícola y se comparó con parámetros de calidad de referencia en la literatura.

### **c) Evaluar a nivel maceta el efecto de un biofertilizante y un abono orgánico en el cultivo de frijol**

La sinergia del biofertilizante y un abono orgánico fueron estudiadas *in planta*, el objetivo de este experimento fue evaluar cinco preparaciones de bacterias inoculados en la mezcla de fertilización orgánica y suelo agrícola como sustrato (1:1 v/v), se incluyó como control químico suelo sin inocular y fertilización orgánica (FO) sin bacteria.

Las bacterias fueron crecidas e inoculadas en la planta empleando una combinación de la metodología de Ángeles y Cruz, (2015); las bacterias fueron crecidas a temperatura ambiente (aproximadamente 25°C) por 24 horas con agitación a 220 rpm en 300 ml en caldo PY (Peptona y extracto de levadura) + CaCl<sub>2</sub> 0.07 M tomando tres asadas de la caja con agar PY CaCl<sub>2</sub> 0.07 M.

Las semillas de frijol variedad azufrado higuera se desinfectaron por inmersión en una mezcla de cloro al 10% (v/v) durante 14 minutos, después se sumergieron en etanol al 70% (v/v) por un periodo de 5 minutos y finalmente se realizaron 5 lavados con agua destilada estéril (1 minuto cada lavado).

Las semillas germinadas fueron tratadas con inoculo de cada bacteria de forma separadas, el experimento se realizó bajo un diseño completamente al azar con 5 repeticiones por cada tratamiento bajo condiciones de invernadero, en macetas rectangulares de 75 cm de largo (Figura 1). Las plantas fueron fertilizadas dos veces por semana con solución Sommerfield, este ensayo tuvo una duración de 118 días, coincidiendo con la temporada de siembra de frijol (ciclo otoño- invierno) en esta región del norte del estado de Sinaloa. Los parámetros a evaluar fueron la altura de la planta, cantidad de flores y vainas a los 60 días post siembra, y rendimiento en la cosecha.



**Figura 1.** Plantas de frijol variedad azufrado regional tratadas con inoculo de cada bacteria de forma separadas en una mezcla con fertilización orgánica y suelo agrícola como sustrato.

#### **d) Análisis estadísticos**

Los resultados obtenidos fueron sometidos a una prueba normalidad de Kolmogorov-Smirnov (K-S). Se empleó un ANOVA y una comparación de medias Tukey y Dunnett con un nivel de significancia del 95%, los resultados fueron analizados usando el paquete estadístico SPSS.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mezcla activa fue evaluada a los 18 meses (abono orgánico) y se midieron los parámetros pH, conductividad eléctrica, % de humedad, densidad, % de carbono, % de materia orgánica, relación carbono/nitrógeno (Tabla 1).

Además, se midieron los macroelementos todos reportados en % de nitrógeno total, nitrógeno amoniacal, fósforo y potasio total, magnesio, calcio, azufre soluble en agua y sodio y los microelementos en mg kg<sup>-1</sup> de hierro, zinc, manganeso, cobre y boro. Los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica se muestran en las Tablas 2 y 3.

**Tabla 1. Especificaciones Fisicoquímicas del abono orgánico analizado por un laboratorio comercial**

Parámetros de determinación	Abono orgánico
pH	8.33*
Conductividad eléctrica (dS/m)	0.00012*
Humedad (%)	63.49
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1.11
Carbono (%)	17.67
Materia orgánica (%)	30.46
Relación C/N	16.36

\* Valores determinados en solución al 10%.

Fuente: construcción propia.

**Tabla 2. Contenido de macroelementos de los abonos orgánicos**

Macroelementos %	Abono orgánico
Nitrógeno total	1.080
Nitrógeno Amoniacal (NH <sub>4</sub> -N)	0.098
Fósforo total (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1.152
Potasio total (K <sub>2</sub> O)	3.35
Magnesio (Mg)	0.349
Calcio (Ca)	0.436

Azufre soluble en agua ( $\text{SO}_4^{2-} \text{S}$ )	0.088
Sodio (Na)	0.021

**Fuente:** construcción propia.

**Tabla 3. Contenido de microelementos de los abonos orgánicos**

Microelementos ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	Abono orgánico
Fierro (Fe)	16364
Zinc (Zn)	2228
Manganeso (Mn)	445
Cobre (Cu)	164
Boro (B)	80

**Fuente:** construcción propia.

El valor de pH obtenido cumple con el rango de referencia establecido en la escala de 7 a 8.5 (Maso y Blasi 2008). La conductividad eléctrica es baja, es preferible que los valores sean bajos puesto que la existencia de sales está asociada con la concentración de elementos como el sodio y potasio, así como también compuestos de cloruro, nitrato, sulfato y sales de amonio que en concentraciones elevadas inhiben el crecimiento de las plantas (Hannibal et al., 2016).

El abono orgánico presento una humedad (>60%), este valor indica que las condiciones aeróbicas son óptimas para el desarrollo de los microorganismos, pero si los valores presentados son menores de 60 y mayores de 80 las condiciones de descomposición serán anaeróbicas, destacando este parámetro característico en los abonos acompañados de otras variables de interés como el pH, la temperatura y el tamaño de las partículas (González y Villalobos, 2021).

Cuando el contenido de materia orgánica del suelo aumenta, mejora la capacidad retención de agua, lo que hace que las plantas sean menos propensas a las condiciones de clima seco (Termorshuizen, Moolenaar, Veeken, & Blok, 2004), para las compostas de esta naturaleza, su contenido debe oscilar entre 20 y 25% (Singh y Singh 2017). Una relación carbono nitrógeno (C/N) de <20 indica un grado avanzado de estabilización de la materia orgánica y refleja un grado satisfactorio de desechos orgánicos



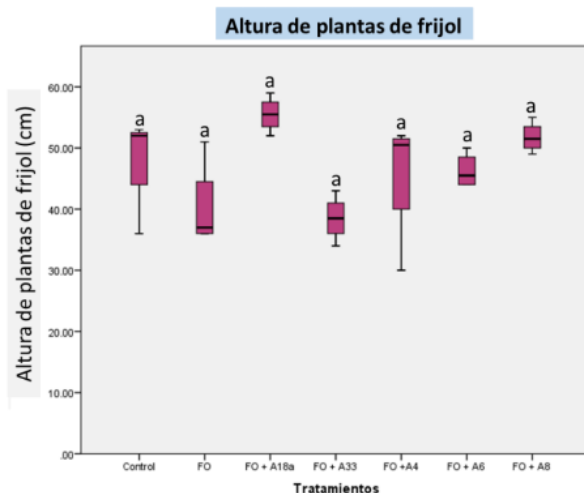
(Lim, et al. 2015), si el valor fuese mayor indicaría que el proceso de descomposición es lento lo que genera inmovilización de N por parte de los microorganismos (Figueroa et al., 2017).

La importancia de los nutrientes para los cultivos agrícolas representa un componente elemental en la producción mundial de alimentos, los cuales pueden ser obtenidos de los fertilizantes químicos sintéticos, fertilizantes naturales y abonos orgánicos, entre otras fuentes (Rodríguez y Hernández, 2012). Por tal motivo, se han recomendado en aquellas tierras sometidas a cultivo intenso para mantener y mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrimentos para las plantas (Mtz et al., 2001) y mejora la absorción de nutrientes por las plantas (Adhikary, 2012).

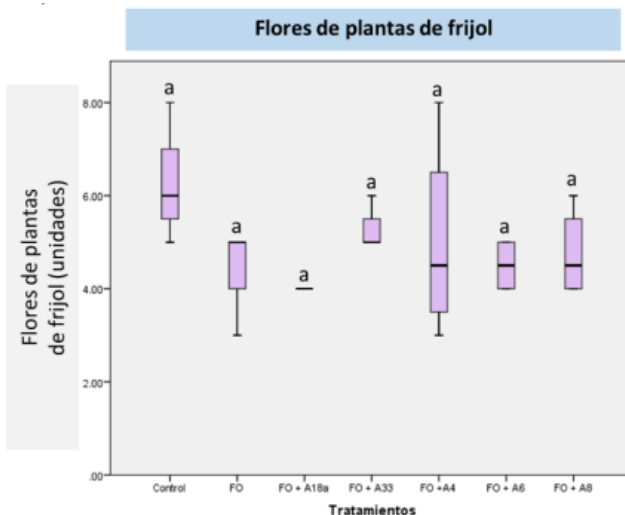
El contenido de nitrógeno total presente en la mezcla evaluada fue inferior a lo deseable en un abono con estas características por lo que este caso, es necesario agregar residuos con mayores contenidos del elemento para mejorarlo (Palma-López et al., 2016). Pero los abonos orgánicos comerciales deben tener valores totales mayores de 1% para cada uno de los nutrientes de nitrógeno, fósforo y potasio total (Pérez et al., 2020), su contenido oscila entre el 1.5% - 2.2% de nitrógeno, entre 1.8% - 2.2% de fósforo y del 1.0% - 1.5% de potasio (Adhikary, 2012), el contenido de nitrógeno está por debajo del porcentaje esperado, el cual es tomado de los estiércoles como material orgánico y mineralizarse por semanas e incluso que puede durar meses para estar disponible a las plantas (Romero, 2013) y es un elemento útil para conocer la calidad del abono, seguido del contenido de fósforo (Bernui y Rivero, 2017). Sin embargo, la cantidad de nitrógeno amoniacal cambia su valor con el paso de los días por efectos del pH en la mezcla (Liu et al., 2011). En el resultado obtenido en las cantidades de magnesio, calcio y sodio son menores a lo reportado (Olivares *et al.*, 2012).

En los micronutrientes presentes en abonos orgánicos se reportan valores de referencia para el zinc en 89 (mg/kg), cobre 57 (mg/kg), hierro 412 (mg/kg) y manganeso 98 (mg/kg) pero los valores obtenidos son mayores por lo que se requiere revisar estos parámetros debido a su importancia en pequeñas cantidades para mejorar el crecimiento de las plantas, ya que, en mayor concentración, es probable que tengan efectos desfavorables sobre el crecimiento de las plantas (Lim et al., 2015).

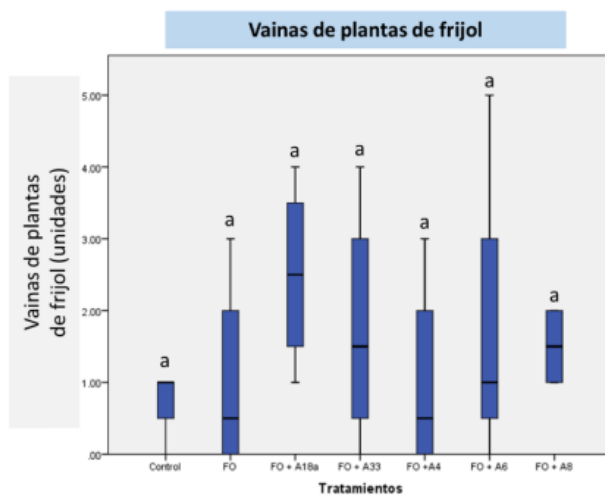
En la evaluación del efecto a nivel maceta del abono orgánico y el biofertilizante, se midió la altura, cantidad de flores y vainas, así como el rendimiento en gramos de plantas de frijol a los 60 días post inoculación, no se observaron diferencias significativas en ninguna de las variables analizadas (Figura 2 a la 4).



**Figura 2.** Alturas de plantas de frijol inoculadas con fertilización orgánica (FO) más las bacterias (tratamientos FO+A18a, FO+A33, FO+A4, FO+A6, FO+A8), un control (suelo 100%) y FO (fertilización orgánica 100%), crecidas bajo condiciones de invernadero. Letras iguales indican no diferencia significativa (Prueba Kruskal-Wallis; Wilcoxon  $\alpha=0.05$ ).

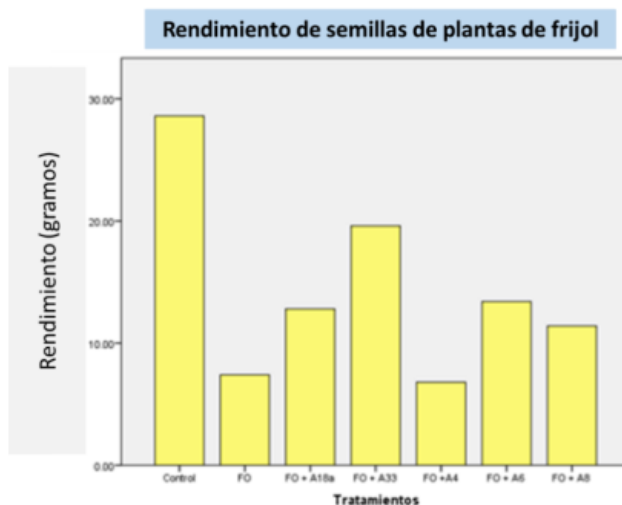


**Figura 3.** Cantidad de flores de plantas de frijol inoculadas con fertilización orgánica (FO) más las bacterias (tratamientos FO+A18a, FO+A33, FO+A4, FO+A6, FO+A8), un control (suelo 100%) y FO (fertilización orgánica 100%) crecidas bajo condiciones de invernadero. Letras iguales indican no diferencia significativa (Prueba KruskalWallis; Wilcoxon  $\alpha=0.05$ ).



**Figura 4.** Cantidad de vainas de plantas de frijol inoculadas con fertilización orgánica (FO) más las bacterias (tratamientos FO+A18a, FO+A33, FO+A4, FO+A6, FO+A8), un control (suelo 100%) y FO (fertilización orgánica 100%) crecidas bajo condiciones de invernadero. Letras iguales indican no diferencia significativa (Prueba KruskalWallis; Wilcoxon  $\alpha=0.05$ ).

Al cuantificar el rendimiento de semillas de plantas de frijol, ninguno de los tratamientos que contienen biofertilizante y la fertilización orgánica mostró un efecto similar al del control absoluto (100% suelo). Sin embargo, el tratamiento FO+A33 tiene un comportamiento similar con un potencial importante en cuanto a las necesidades nutricionales que pudiera tener el suelo con respecto a la fertilización orgánica que contiene 50% de suelo y 50% de FO probados en condiciones de invernadero (Figura 5).



**Figura 5.** Rendimiento de semillas de plantas de frijol en gramos inoculadas con fertilización orgánica (FO) más las bacterias (tratamientos FO+A18a, FO+A33, FO+A4, FO+A6, FO+A8), un control (suelo 100%) y FO (fertilización orgánica 100%) crecidas bajo condiciones de invernadero.

A pesar que, en el presente estudio, no se observaron diferencias significativas en las variables evaluadas (altura de planta, cantidad de flores y vainas, y rendimiento de granos de frijol). Los abonos orgánicos han mostrado tener efectos positivos en todas las características de la planta comparado con los otros tratamientos incluido el tratamiento control (Fernández et al., 2016).

En la literatura destacan resultados positivos al realizar evaluaciones en planta, contrario a lo observado al utilizar suelo en macetas inoculados con biofertilizante, por lo que será importante la revisión de otros factores como la acidez, toxicidad de aluminio y manganeso, la disponibilidad de fósforo en el suelo, la temperatura ambiente y la competencia de microorganismos (Costales et al., 2016).

## CONCLUSIONES

El compostaje con lombrices es una estrategia viable para el aprovechamiento de los residuos de la industria agroalimentaria, que son generados en grandes cantidades, los cuales pueden ser utilizados en

prácticas agrícolas, contribuyendo con esto al desarrollo sustentable. Pero es importante el análisis previo de los parámetros físico-químicos de éstos para asegurar su calidad.

El abono orgánico evaluado, mostró estabilidad en los parámetros físicoquímicos de acuerdo con los elaborados y referenciando los datos obtenidos con otros autores, esto indica de manera global que tiene potencial para su uso en cultivos agrícolas, pero no presentó estabilidad en su calidad nutricional en el contenido de nitrógeno, se sugiere para que los abonos orgánicos pueden comercializarse deben tener valores totales mayores de 1% para cada uno de los nutrientes N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O.

En el futuro, debería evaluarse su aplicación en los suelos agrícolas, solos o en combinación con fertilizantes inorgánicos, para así contribuir en la reducción de las aplicaciones de éstos últimos. La aplicación de biofertilizante al suelo no aumentó el rendimiento en el cultivo de frijol, sin embargo, al presentar un comportamiento similar en la mezcla de suelo y fertilización orgánica bajo las condiciones de invernadero puede representar una mezcla potencial con respecto a todos los biofertilizantes evaluados.

## LITERATURA CITADA

- Adhikary, S. (2012). Vermicompost, the story of organic gold: A review.
- Álvarez, M. D. L. S. S., & ESTRELLA, A. H. H. (2015). El frijol en la era genómica.
- Ángeles-Núñez, J. G., & Cruz-Acosta, T. (2015). Aislamiento, caracterización molecular y evaluación de cepas fijadoras de nitrógeno en la promoción del crecimiento de frijol. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(5), 929-942.
- Ávalos de la Cruz, M. A., Figueroa Viramontes, U., García Hernández, J. L., Vázquez Vázquez, C., Gallegos Robles, M. A., & Orona Castillo, I. (2018). Bioinoculants and Organic Fertilizers in the Production of Silage Corn. *Nova scientia*, 10(20), 170-189.
- Bernui, F., & Rivero, J. (2017). Obtención de abono orgánico (compost) a partir de desechos agroindustriales y su influencia en el rendimiento del cultivo Zea Mays. *Revista Ciencia y Tecnología*, 12(1), 45-56
- Bratovcic, A., Zohorovic, M., Odobasic, A., & Sestan, I.
- INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES

& RESEARCH TECHNOLOGY EFFICIENCY OF FOOD WASTE AS AN ORGANIC FERTILIZER.

- Campos, M. N., Fernández, C. G.-G., Cárdenas, O. L., Diéguez, E. T., & Sevilla, P. M. (2010). Análisis de la producción agrícola extensiva en Sinaloa: alternativas para el uso sostenible del agua. *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, 6(1), 45-50.
- Costales, D., Falcón, A. B., Nápoles, M. C., de Winter, J., Gerbaux, P., Onderwater, R. C. A., ... & Cabrera, J. C. (2016). Effect of chitosaccharides in nodulation and growth in vitro of inoculated soybean. *American Journal of Plant Sciences*, 7(9), 1380-1391.
- Cuadras-Berrelleza, A. A., Peinado-Guevara, V. M., Peinado-Guevara, H. J., López-López, J. D. J., & Herrera-Barrientos, J. (2021). Agricultura intensiva y calidad de suelos: retos para el desarrollo sustentable en Sinaloa. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(8), 1401-1414.
- Fernández, A. L., Sheaffer, C. C., Wyse, D. L., Staley, C., Gould, T. J., & Sadowsky, M. J. (2016). Structure of bacterial communities in soil following cover crop and organic fertilizer incorporation. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100, 9331-9341.
- Figuroa Barrera, A., Álvarez Herrera, J. G., Forero, A. F., Salamanca, C., & Pinzón, L. P. (2017). Determinación del nitrógeno potencialmente mineralizable y la tasa de mineralización de nitrógeno en materiales orgánicos.
- Flores Leal, P., & Soto Flores, M. D. R. (2013). El comportamiento innovador en valor agregado del sector agrícola en el Estado de Sinaloa. *Journal of technology management & innovation*, 8, 42-42.
- Giroto, F., Alibardi, L., & Cossu, R. (2015). Food waste generation and industrial uses: A review. *Waste management*, 45, 32-41.
- González-Jiménez, Y., & Villalobos-Morales, J. (2021). Manejo ambiental de residuos orgánicos: Estado del arte de la generación de compostaje a partir de residuos sólidos provenientes de sistemas de trampas de grasa y aceite. *Revista Tecnología en Marcha*, 34(2), 11-22.
- Hanníbal, B., Rafaela, V., & Guevara, L. (2016). Obtención de compost a partir de residuos sólidos orgánicos generados en el mercado mayorista del Cantón Riobamba. *European Scientific Journal*, 12, 76-94.

- Kumar, R., Kumar, R., & Prakash, O. (2019). Chapter-5 the impact of chemical fertilizers on our environment and ecosystem. *Chief Ed*, 35(69), 1173-1189.
- Lim SuLin, L. S., Wu TaYeong, W. T., Lim PeiNie, L. P., & Shak PuiYee [Shak, P. (2015). The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics.
- Liu, J., Xu, X. H., Li, H. T., & Xu, Y. (2011). Effect of microbiological inocula on chemical and physical properties and microbial community of cow manure compost. *Biomass and bioenergy*, 35(8), 3433-3439.
- Trishna Mahanty, T. M., Surajit Bhattacharjee, S. B., Madhurankhi Goswami, M. G., Purnita Bhattacharyya, P. B., Bannhi Das, B. D., Abhrajyoti Ghosh, A. G., & Prosun Tribedi, P. T. (2017). Biofertilizers: a potential approach for sustainable agriculture development.
- Maso, M. A., & Blasi, A. B. (2008). Evaluation of composting as a strategy for managing organic wastes from a municipal market in Nicaragua. *Bioresource technology*, 99(11), 5120-5124.
- Mtz, J. D. L., Estrada, A. D., Rubin, E. M., & Cepeda, R. D. V. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra latinoamericana*, 19(4), 293-299.
- Olivares-Campos, M. A., Hernández-Rodríguez, A., Vences-Contreras, C., Jáquez-Balderrama, J. L., & Ojeda-Barrios, D. (2012). Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. *Universidad y ciencia*, 28(1), 27-37.
- Palma-López, D. J. (2016). Uso de residuos de la agroindustria de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) para elaborar abonos orgánicos. *Agro Productividad*, 9(7).
- Parfitt, J., Barthel, M., & Macnaughton, S. (2010). Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. *Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences*, 365(1554), 3065-3081.
- Pérez Cardozo, R., Pérez Cordero, A., & Vertel Morinson, M. (2020). Caracterización nutricional, físico-química y microbiológica de tres abonos orgánicos para uso en agro ecosistemas de pasturas en la subregión Sabanas del departamento de Sucre.

- Ramírez, V. M., Peñuela, L. M., & Pérez, M. D. R. (2017). Los residuos orgánicos como alternativa para la alimentación en porcinos. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(2), 107-124.
- Rodríguez, R. O., & Hernández, R. M. (2012). Efecto de abonos orgánicos en las propiedades químicas del suelo y el rendimiento de la mora (*Rubus adenotrichus*) en dos zonas agroecológicas de Costa Rica. *Tecnología en marcha*, 25(1), 16-31.
- Rodríguez-Mendoza, M. N. (2015). PRODUCCIÓN DE VERMICOMPOST A BASE DE RASTROJO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) Y ESTIÉRCOL DE BOVINO LECHERO. *Agro Productividad*, 8(3).
- Romero Figueroa, J. C. (2013). Relación carbono nitrógeno en el proceso de lombricompostaje y su potencial nutrimental en jitomate y menta.
- Savci, S. (2012). An agricultural pollutant: chemical fertilizer. *International Journal of Environmental Science and Development*, 3(1), 73.
- Singh, A., & Singh, G. S. (2017). Vermicomposting: A sustainable tool for environmental equilibria. *Environmental Quality Management*, 27(1), 23-40.
- Termorshuizen, A. J., Moolenaar, S. W., Veeken, A. H. M., & Blok, W. J. (2004). The value of compost. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 3, 343-347.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCyT) por la beca otorgada a NLS, así como al Ing. Jesús Adolfo Ordoñez Leyva por las facilidades otorgadas para el desarrollo del abono orgánico. También a la empresa de conservas La Costeña por facilitar las instalaciones y personal para el desarrollo de esta investigación. A la Ing. BQ Jesús Aidé García Llanes por facilitar los equipos e instalaciones para desarrollo de los análisis fisicoquímicos del abono orgánico.



## SÍNTESIS CURRICULAR

### **Nataly López Soto**

Ingeniera Química (Instituto Tecnológico de Los Mochis), Maestra en Recursos Naturales y Medio Ambiente (IPN), Doctora en Sustentabilidad (Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Guasave). Profesor de medio tiempo en el Centro De Estudios Tecnológicos Industrial y de Servicios No. 108. Profesor de asignatura del Departamento de Ingeniería Química, Bioquímica y Biología del Instituto Tecnológico de Los Mochis. Correo electrónico: [nataly.lopez.soto@gmail.com](mailto:nataly.lopez.soto@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6374-3165>

### **Jesús Ramón Rodríguez Apodaca**

Doctor en Ciencias por la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California, Campus Tijuana. Maestro en Ciencias en Química por el Centro de Graduados e Investigación en Química del Instituto Tecnológico de Tijuana, Campus Otay e Ingeniero Químico por el Instituto Tecnológico de Los Mochis. Investigador integrante del Sistema Sinaloense de Investigadores y Tecnólogos (SSIT). Miembro de la Red Temática Nacional Patrimonio Biocultural del CONAHCYT e integrante del Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras Nivel I. Correo electrónico: [jramon@uaim.edu.mx](mailto:jramon@uaim.edu.mx) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2679-8594>