

Artículo:

Evaluación cuantitativa del impacto de dosis de vermicomposta en el peso de granos de maíz

Quantitative evaluation of the impact of vermicompost doses on the weight of corn grains

Jesús-Alberto Báez-Higuera¹, Adalid Graciano-Obeso¹, Jesús-Uriel López-Atondo¹

Revista Interdisciplinaria de
Ingeniería Sustentable y Desarrollo
Social (RIISDS)

¹ Tecnológico Nacional de México – ITS de Guasave, Sinaloa, México.

* Autor correspondiente: adalid.go@guasave.tecnm.mx

Recibido: 30 de octubre de 2024
Aceptado: 26 de noviembre de 2024
Publicado: 20 de diciembre de 2024

Publicación anual editada por el
Instituto Tecnológico Superior de
Tantoyuca

Desv. Lindero Tametate, S/N
Col. La Morita
C.P. 92100
Tantoyuca, Veracruz, México.
Teléfono: 789 8931680, Ext.196.

Correo electrónico:
revistadigital@itsta.edu.mx

Sitio WEB
<https://itsta.edu.mx/revistadigital>

ISSN 2448-8003

Editor responsable:
Dr. Horacio Bautista Santos

Copyright: Este artículo es de acceso
abierto distribuido bajo los términos y
condiciones de la licencia Creative
Commons

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Resumen: La agricultura es fundamental para la economía de Sinaloa, posicionándolo como el estado agrícola más importante de México y el mayor productor de maíz a nivel nacional. Este estudio tiene como objetivo evaluar cuantitativamente el impacto de distintas dosis de vermicomposta sobre el peso de granos de maíz en el campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Para ello, se implementó un diseño experimental completamente aleatorizado, en él se evaluaron cinco tratamientos de fertilizante a diferentes dosis, con tres repeticiones cada uno. Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) empleando el software Minitab versión 18. Se verificaron tres supuestos fundamentales para este tipo de prueba: homocedasticidad, normalidad e independencia. La homocedasticidad se comprobó mediante la prueba de Bartlett, la cual indicó que no había evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de igualdad de varianzas entre los grupos ($p > 0.05$). Para el supuesto de normalidad, se observó que los residuos presentaban una distribución aproximadamente normal. Finalmente, el supuesto de independencia de las observaciones se validó con la prueba de Durbin-Watson, obteniéndose un valor estadístico de 2.14266, que indica independencia en los residuos (valores cercanos a 2), posteriormente, se realizó una prueba de comparaciones múltiples de Tukey, la cual mostró que no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) en el peso de los granos dentro de los diferentes grupos de dosis de vermicomposta. Por tanto, las dosis de vermicomposta no generaron un incremento significativo en el peso de los granos de maíz entre los grupos formados.

Palabras clave: Agricultura, fertilizante, dosis, análisis de varianza, diseño completamente al azar.

Resumen

La agricultura es fundamental para la economía de Sinaloa, posicionándolo como el estado agrícola más importante de México y el mayor productor de maíz a nivel nacional. Este estudio tiene como objetivo evaluar cuantitativamente el impacto de distintas dosis de vermicomposta sobre el peso de granos de maíz en el campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Para ello, se implementó un diseño experimental completamente aleatorizado, en él se evaluaron cinco tratamientos de fertilizante a diferentes dosis, con tres repeticiones cada uno. Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) empleando el software Minitab versión 18. Se verificaron tres supuestos fundamentales para este tipo de prueba: homocedasticidad, normalidad e independencia. La homocedasticidad se comprobó mediante la prueba de Bartlett, la cual indicó que no había evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de igualdad de varianzas entre los grupos ($p > 0.05$). Para el supuesto de normalidad, se observó que los residuos presentaban una distribución aproximadamente normal. Finalmente, el supuesto de independencia de las observaciones se validó con la prueba de Durbin-Watson, obteniéndose un valor estadístico de 2.14266, que indica independencia en los residuos (valores cercanos a 2), posteriormente, se realizó una prueba de comparaciones múltiples de Tukey, la cual mostró que no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) en el peso de los granos dentro de los diferentes grupos de dosis de vermicomposta. Por tanto, las dosis de vermicomposta no generaron un incremento significativo en el peso de los granos de maíz entre los grupos formados.

Palabras clave: Agricultura, fertilizante, dosis, análisis de varianza, diseño completamente al azar.

Abstract

Agriculture is fundamental to Sinaloa's economy, positioning it as the most important agricultural state in Mexico and the largest producer of corn nationally. This study aims to quantitatively evaluate the impact of different doses of vermicompost on the weight of corn grains in the experimental field of the Instituto Tecnológico Superior de Guasave. For this, a completely randomized experimental design was implemented, in which five fertilizer treatments at different doses were evaluated, with three repetitions each. The data were analyzed by analysis of variance (ANOVA) using Minitab software version 18. Three

fundamental assumptions were verified for this type of test: homoscedasticity, normality and independence. Homoscedasticity was tested using Bartlett's test, which indicated that there was insufficient evidence to reject the null hypothesis of equality of variances between groups ($p > 0.05$). For the assumption of normality, it was observed that the residuals had an approximately normal distribution. Finally, the assumption of independence of the observations was validated with the Durbin-Watson test, obtaining a statistical value of 2.14266, which indicates independence in the residuals (values close to 2), subsequently, a Tukey multiple comparisons test was performed, which showed that there are no significant differences ($p > 0.05$) in the weight of the grains within the different vermicompost dose groups. Therefore, the doses of vermicompost did not generate a significant increase in the weight of corn grains among the groups formed.

Keywords: Agriculture, fertilizer, dose, analysis of variance, completely randomized design.

Introducción.

El maíz es un cultivo de relevancia global, siendo un alimento básico en numerosas culturas y un recurso fundamental para la agroindustria, con su adaptabilidad a diversas condiciones climáticas y de suelo, el maíz es crucial no solo como alimento directo para el consumo humano, sino también como insumo en la producción de alimentos balanceados para animales y en la manufactura de productos derivados (Guamán-Guamán et al., 2020). A nivel mundial, el maíz se clasifica como el tercer cultivo más importante, después del trigo y el arroz, En México, el maíz tiene una relevancia cultural y económica particular es el cultivo más sembrado en el país (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2024), y en estados como Sinaloa donde la agricultura desempeña un papel crucial, contribuyendo significativamente a la economía agrícola de México (Bojórquez-Delgado et al., 2023a), la producción alcanza cifras significativas, con más de 6 millones de hectáreas sembradas y una producción que supera los 21 millones de toneladas anuales (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática [INEGI], 2024).

Por otra parte dada la creciente demanda mundial de alimentos y la necesidad de garantizar la seguridad alimentaria hace imperativo el desarrollo y la implementación de técnicas agrícolas sostenibles que permitan aumentar la productividad del maíz sin comprometer los recursos naturales (CEPAL, 2018). Una de las técnicas sustentables y

sostenibles es el vermicompostaje, que ha sido objeto de estudio en las últimas décadas debido a sus beneficios en la agricultura. Villegas-Cornelio & Laines-Canepa (2017), describen el vermicompostaje como una tecnología ecológica que genera un fertilizante orgánico estabilizado y homogéneo, mejorando la estructura del suelo y aumentando su capacidad para retener agua y nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal, se desprende de un proceso eco-tecnológico de bajo costo que permite la bio-oxidación, degradación y estabilización de residuos orgánicos por la acción conjunta de lombrices y microorganismos, para Domínguez & Pérez-Díaz (2011), El vermicompostaje es un proceso complejo biológica y ecológicamente. A pesar de que las lombrices son claves en el proceso de vermicompostaje, las complejas interacciones entre materia orgánica, microorganismos, lombrices de tierra y otros invertebrados del suelo dan como resultado la fragmentación, biooxidación y estabilización de la materia orgánica, por otra parte Bojórquez-Delgado et al., (2023b), sostienen que la agricultura moderna se apoya de la modelación y simulación computacional que han sido herramientas clave en la investigación agrícola, permitiendo predecir cómo diferentes dosis de fertilizantes, incluidos los orgánicos, pueden influir en el rendimiento de los cultivo. Candelaria et al. (2011), han demostrado que la simulación puede ayudar a los agricultores a optimizar sus prácticas de fertilización, reduciendo costos y minimizando el impacto ambiental. No obstante, aún se requiere un mayor esfuerzo para integrar estas herramientas con prácticas agrícolas tradicionales como el vermicompostaje. Con base en lo anterior, El presente estudio, busca cubrir este vacío investigativo al analizar cuantitativamente el efecto de distintas dosis de vermicomposta sobre el rendimiento del maíz en el contexto específico de Guasave, Sinaloa, una región agrícola de alta producción en México.

Materiales y métodos

Área de Estudio

La presente investigación se desarrolló en el noroeste de México, en la región norte del estado de Sinaloa, en el campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave, ubicado en el ejido Burriñoncito, Guasave, Sinaloa, entre las coordenadas 25° a 26°

N, y 108° a 109°. La población objeto de estudio estuvo definida por una sección formada por 5 surcos de maíz seleccionados con una longitud de 60 metros por surco.

Diseño experimental

Para llevar a cabo este estudio, se estableció un Diseño Completamente al Azar (DCA), un diseño experimental que es sencillo y ampliamente utilizado, en este tipo de diseño, los tratamientos se asignan al azar a las unidades experimentales (UE) o viceversa, lo cual es apropiado cuando las unidades experimentales presentan homogeneidad, es decir, cuando la mayoría de los factores actúan de manera similar entre ellas (Camani-Champi, 2017). Se evaluaron cinco tratamientos con tres repeticiones, empleando diferentes dosis de fertilizante. Los tratamientos y su composición se presentan en la tabla 1:

Tabla 1. Composición de los tratamientos

Tratamiento	Dosis de Vermicomposta	Representación
Tratamiento 1	100 g	T1
Tratamiento 2	150 g	T2
Tratamiento 3	200 g	T3
Tratamiento 4	250 g	T4
Tratamiento 5	300 g	T5

Fuente: los autores.

Los tratamientos fueron aplicados en 5 surcos, cada surco experimental tuvo una longitud de 60 metros, dividida en tres secciones de 20 metros para cada tratamiento. En cada tratamiento se cultivaron 180 plantas de maíz, de las cuales se seleccionaron tres plantas para realizar el muestreo del peso de 100 granos de las mazorcas.

El rendimiento de cada tratamiento fue evaluado y los datos recolectados se analizaron mediante un análisis estadístico adecuado para el diseño experimental. La organización del diseño en campo se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2. Arreglo del diseño Completamente al Azar de tratamientos

Surco 1	Surco 2	Surco 3	Surco 4	Surco 5
T1	T2	T3	T4	T5
T5	T3	T4	T2	T1
T4	T5	T1	T3	T2

Fuente: los autores.

Análisis estadístico

Para el tratamiento de los datos se realizó una Análisis de Varianza (ANOVA), esta técnica estadística se emplea para analizar las diferencias que existen entre las medias de más de dos poblaciones, esto permite determinar si las medias poblacionales entre los grupos son distintas analizando la variabilidad entre ellas (Otero et al., 2005). El ANOVA se sustenta en el cumplimiento de los siguientes supuestos:

1. Homocedasticidad.
2. Normalidad de errores o residuos:
3. Independencia de las observaciones.

Los datos fueron procesados a través del software estadístico Minitab versión 18, con ello se buscó visualizar si existía diferencia significativa entre las distintas dosis de vermicomposta aplicada a cada uno de los tratamientos que afectaran el rendimiento del peso del maíz (Hurtado & Silvente, 2012).

Resultados y discusión

El supuesto de homocedasticidad fue evaluado mediante la prueba de Bartlett, como sugiere Levene (1960). Los resultados indicaron un valor p de 0.549, lo que confirma que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de igualdad de varianzas entre los tratamientos. Esto sugiere que las varianzas de los datos son homogéneas, cumpliendo con uno de los requisitos fundamentales para la validez del análisis de varianza (ANOVA). La figura 1 ilustra gráficamente estos resultados, respaldando la consistencia estadística del modelo.

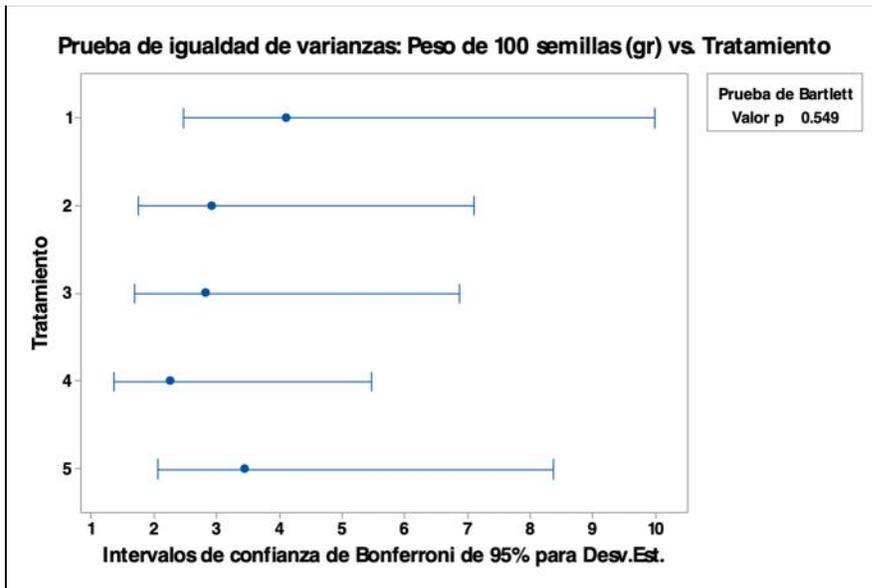


Figura. 1. Prueba de igualdad de varianzas.

El supuesto de normalidad fue evaluado para analizar la distribución de los residuos y confirmar que se ajustan a una distribución aproximadamente normal, tal como lo establece Romero (2012). Los resultados obtenidos se presentan en la figura 2, donde se observa que los puntos se alinean de manera cercana a la línea de referencia de normalidad teórica, lo que respalda el cumplimiento de este supuesto estadístico. Este resultado es fundamental para garantizar la validez del análisis de varianza (ANOVA) empleado en este estudio.

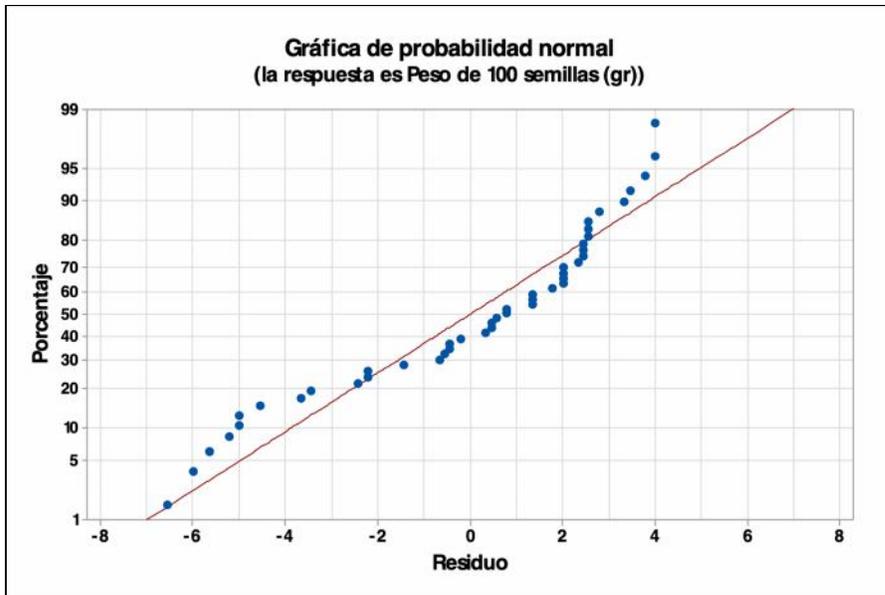


Figura. 2. Distribución de normalidad de residuos.

El supuesto de independencia de las observaciones fue evaluado mediante la prueba estadística de Durbin-Watson, obteniéndose un valor de 2.14266, calculado con el software Minitab 18. Este resultado indica que los residuos son independientes, cumpliendo así uno de los requisitos fundamentales para el análisis de varianza (ANOVA). Con todos los supuestos estadísticos validados, se procedió a realizar un ANOVA de una vía, el cual mostró diferencias estadísticamente significativas entre las dosis de vermicomposta aplicadas en los tratamientos, con un valor p de 0.00021. Estos hallazgos respaldan la existencia de un efecto significativo de las dosis sobre el peso de los granos de maíz.

Se realizó una prueba de comparaciones múltiples de Tukey, la cual permite evaluar todas las combinaciones posibles de pares de tratamientos para identificar diferencias significativas entre ellos (Quesada et al., 2019). Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 3, donde se muestran las comparaciones de las medias y la agrupación de tratamientos en conjuntos homogéneos. Este análisis proporciona una visión detallada de las diferencias entre los tratamientos, destacando cuáles generan un impacto significativo en el peso de los granos de maíz.

Tabla 3. Comparaciones múltiples de medias mediante la prueba Tukey al 95% de confianza.

Tratamiento	N	Media (gr)	Desviación Estándar	Agrupación
5	9	37.56	3.43	A
4	9	35.444	2.242	A B
3	9	32.222	2.819	B C
2	9	31.667	2.915	B C
1	9	31.00	4.09	C

El incremento medio en el peso de los granos entre T5 (37.56 g) y T1 (31.00 g) es del 21 %, lo que podría ser relevante para productores buscando optimizar rendimientos.

Aunque las dosis más altas de vermicomposta (T4 y T5) generan un incremento significativo en el peso de los granos, la inversión adicional podría no justificar el beneficio obtenido en sistemas agrícolas con márgenes estrechos. Es importante considerar otros factores, como el costo del fertilizante y las condiciones específicas del suelo.

Estos hallazgos son consistentes con lo reportado por Villegas-Cornelio y Laines-Canepa (2017), quienes encontraron que el vermicompostaje mejora la retención de nutrientes en el suelo, aunque el impacto en el peso de los cultivos puede depender de la calidad inicial del terreno. A pesar de que las diferencias en peso no son significativas en algunos casos, el uso de vermicomposta podría mejorar la salud del suelo a largo plazo, contribuyendo a la sostenibilidad de los sistemas agrícolas.

Conclusiones

El valor p de la prueba de Barlett indican que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que las varianzas son iguales entre los grupos ($p < 0.05$), cumpliéndose así el supuesto de homogeneidad de varianzas. De acuerdo a la figura 2, la gráfica muestra que la mayoría de los puntos siguen la línea roja (distribución normal teórica), lo que sugiere que se cumple el supuesto de normalidad. De acuerdo al valor p obtenido en el ANOVA, podemos concluir que las dosis de vermicomposta tienen un efecto significativo ($p < 0.05$) sobre el peso de los granos del cultivo de maíz. Esto indica que las variaciones en las dosis aplicadas influyen directamente en el rendimiento del cultivo.

Mediante la prueba de Tukey se realizaron las comparaciones de medias de las dosis en donde se obtuvo la formación de distintos conjuntos: Grupo A (T5,T4), Grupo B (T4,T3,T2) y Grupo C (T3,T2,T1), lo que muestra que en cada grupo conformado no existe diferencia significativa ($p<0.05$) al aplicar las dosis de vermicomposta para mejoramiento en el peso de los granos en el cultivo de maíz. Esto evidencia que las dosis más altas (250-300 g) generan un rendimiento mayor en peso, aunque las diferencias no son siempre consistentes entre niveles intermedios y bajos.

Si bien las dosis altas no siempre resultan en incrementos significativos, podrían emplearse estrategias de combinación con fertilizantes químicos para maximizar el rendimiento con menor impacto ambiental. Es necesario realizar estudios adicionales que incluyan otros indicadores, como la calidad del suelo y el contenido de nutrientes en los granos, para evaluar el impacto integral de la vermicomposta. Además, sería interesante explorar combinaciones de dosis con diferentes tipos de suelos y cultivos.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto Tecnológico Superior de Guasave por permitir y apoyar la realización del presente estudio de investigación.

Referencias bibliográficas.

- Bojórquez-Delgado, G., Bojórquez-Delgado, J., & Flores-Rosales, M.-A. (2023a). Análisis y Evaluación Económica de la Producción Agrícola en el Estado de Sinaloa para el Año 2022 utilizando Ciencia de Datos Economic Analysis and Evaluation of Agricultural Production in the State of Sinaloa. RIISDS año 9 no. 1
- Bojórquez-Delgado, G., Bojórquez-Delgado, J., & Flores-Rosales, M.-A. (2023b). Descomposición y análisis temporal del NDVI en un predio agrícola para determinar la salud y variabilidad de cultivos de maíz en Guasave, Sinaloa. RIISDS año 9 no. 1
- Camani-Champi, C. (2017). *Diseño completamente al azar* (Tesis de licenciatura, Universidad José Carlos Mariátegui). Recuperado de https://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/305/Cesar_TrabajoDeSuficienciaProfesional_titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Candelaria-Martínez, B., Ruiz-Rosado, O., Gallardo-López, F., Pérez-Hernández, P., Martínez-Becerra, Á., & Vargas-Villamil, L. (2011). Aplicación de modelos de simulación en el estudio y planificación de la agricultura, una revisión. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(3), 999-1010.
- CEPAL, N. (2018). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Una oportunidad para América Latina y el Caribe. Santiago: CEPAL Recuperado de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40155-agenda-2030-objetivos-desarrollosostenible-oportunidad-america-latina-caribe>.
- Domínguez, J., & Pérez-Díaz, D. (2011). 20Desarrollo y nuevas perspectivas del vermicompostaje.
- Guamán-Guamán, R. N., Desiderio-Vera, T. X., Villavicencio-Abril, Á. F., Ulloa-Cortázar, S. M., & Romero-Salguero, E. J. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. *Siembra*, 7(2), 47-56.
- Hurtado, M. J. R., & Silvente, V. B. (2012). Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student y ANOVA en SPSS. Caso práctico. *Reire*, 5(2), 83-100.
- INEGI, (2024). Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/temas/agricultura/>
- Levene, H. (1960). Robust tests for quality of variances. In 'Contribution to probability and statistics: Essays in honour of Harold Hotelling.,(Ed. I Olkin) pp. 278-292. Stanford University Press: Redwood City, CA.) Libosvarsky, VA, Saeed, DW, and Nemcova, M.(1985). Fecundity of roach in a newly built reservoir. *Folia Zoologica*, 34, 357-372.
- Otero, J., Sánchez, A. H., & Moral, E. M. (2005). Análisis de la varianza (ANOVA). DOCPLAYER. Obtenido de <https://docplayer.es/10487925-Analisis-de-la-varianza-anova-jose-vicens-otero-ainhoa-herrarte-sanchez-eva-medina-moral.html>.
- Quesada, D. G., Obando, J. S., & Montero, A. V. (2019). Impacto del desbalance en los tamaños de muestra por tratamiento sobre el desempeño de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey. *SERENGUETI*, 38.
- Romero, J. (2012). Análisis de Residuos en los Modelos de Regresión Lineal para Dummies. RP José L., *Análisis de Residuos en los Modelos de Regresión Lineal para Dummies* (págs. 1-27). Universidad Nacional Abierta.SIAP, S. (2015). Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Reporte especial naranja.

Villegas-Cornelio, V. M., & Laines-Canepa, J. R. (2017). Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(2), 393-406.