

Producción de abonos orgánicos y hortalizas en el huerto agroecológico de la Unidad de Estudios Superiores Amatepec, Estado de México

Production of organic fertilizers and vegetables in the agroecological garden of the Amatepec Higher Studies Unit, State of Mexico



Ricardo Telles Antonio*
Jesús Yahir Madrigal Benítez**
Antonio Mercado Sanchez***
Sandra Paola Jiménez De Jesús****
Uriel Gallegos Pedraza*****

DOI: <http://DOI.ORG/10.52501/cc.477.05>

Resumen

Una de las causas-consecuencias de la crisis alimentaria mundial es la pérdida de suelos de alta vocación agrícola. Esto se debe al uso de maquinaria agrícola pesada, alto consumo de agroquímicos y los monocultivos, lo cual ha ocasionado la pérdida de la actividad biológica de los suelos. El objetivo del presente estudio es visibilizar la producción de abonos orgánicos y camas de cultivo en un huerto agroecológico de la Unidad de Estudios Superiores Amatepec, Estado de México. Los estudiantes universitarios realizaron una composta, un biofertilizante y establecieron camas de cultivo, en las cuales tomaron datos de parámetros bióticos y abióticos siguiendo protocolos y normas establecidas. Los resultados muestran que se obtuvieron 200 litros

* Doctor en Ciencias con Orientación en Manejo de Recursos Naturales. Universidad Mexiquense del Bicentenario, Unidad de Estudios Superiores Amatepec México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0651-0055>. Correo electrónico: ricardo.telles@umb.mx

** Bachiller. Estudiante de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable. Universidad Mexiquense del Bicentenario. Unidad de Estudios Superiores Amatepec, México. ORCID: <http://orcid.org/0009-0001-9457-8721>. Correo electrónico: jb333118@gmail.com

*** Bachiller. Estudiante de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable. Universidad Mexiquense del Bicentenario. Unidad de Estudios Superiores Amatepec, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2201-4284>. Correo electrónico: tonitomercado911@gmail.com

**** Bachiller. Estudiante de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable. Universidad Mexiquense del Bicentenario. Unidad de Estudios Superiores Amatepec, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5196-5560>. Correo electrónico: sandrajimenezdejesus@gmail.com

***** Bachiller. Estudiante de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable. Universidad Mexiquense del Bicentenario. Unidad de Estudios Superiores Amatepec, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0595-7249>. Correo electrónico: urielpedraza2002@gmail.com

de biofertilizante que presenta características deseables según las normas actuales. Además, en un área de 391 m² se elaboraron ocho camas agroecológicas en las que se incorporaron 133 kg de composta, se trasplantaron 40 plántulas de tomate verde, se sembró semilla de rábano y sobre suelo desnudo se sembró *Cajanus cajan*. El tomate verde a los 77 días de trasplante mostró frutos maduros y el bulbo del rábano mostró madurez a los 34 días de siembra, mientras que *C. cajan* muestra adaptación en su crecimiento a las condiciones del sitio. Los insumos agrícolas empleados no modifican condiciones de salinidad y pH del suelo. El huerto universitario agroecológico cumple con la función de producir hortalizas para una alimentación saludable, por lo que es viable su replicación en escuelas, casas y comunidades.

Palabras clave: *agricultura sostenible, alimentación saludable, Cajanus cajan, hortalizas, insumos orgánicos.*

Abstract

One of the cause-and-effect dynamics of the global food crisis is the loss of soils with high agricultural potential. This is largely due to the use of heavy agricultural machinery, intensive agrochemical inputs, and monoculture systems, which have led to a decline in soil biological activity. The objective of this study is to highlight the production of organic fertilizers and raised beds in an agroecological garden at the Unidad de Estudios Superiores Amatepec, State of Mexico. University students produced compost and a biofertilizer, and established cultivation beds in which they collected data on biotic and abiotic parameters, following established protocols and standards. The results indicate that 200 liters of biofertilizer were obtained, exhibiting desirable characteristics according to current standards. Additionally, within an area of 391 m², eight agroecological beds were constructed, incorporating 133 kg of compost; 40 husk tomato seedlings were transplanted; radish seeds were sown; and *Cajanus cajan* was planted on bare soil. At 77 days after transplanting, the husk tomato showed mature fruits, while radish bulbs reached maturity at 34 days after sowing. Meanwhile, *C. cajan* demonstrated adaptive growth under site conditions. The agricultural inputs used did not alter soil salinity or pH conditions. The agroecological university garden fulfills the function of producing vegetables for healthy diets, demonstrating its viability for replication in schools, households, and communities.

Keywords: *sustainable agriculture, healthy diets, Cajanus cajan, vegetables, organic inputs.*

Introducción

La Universidad Mexiquense del Bicentenario a través de la Unidad de Estudios Superiores Amatepec ubicada en la localidad de Palmar Chico, Amatepec, Estado de México oferta el programa de Licenciatura en Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable a partir de septiembre de 2019. El plan de estudios incluye la asignatura de Agroecología con clave ASM203 dentro del área de formación disciplinaria y de carácter obligatoria, se imparte a estudiantes de segundo semestre en los periodos de marzo a agosto, ésta aporta los conceptos

básicos de los elementos y factores que forman parte de los ecosistemas agrícolas y su interacción, para el análisis de las actividades agropecuarias, el medio ambiente y el impacto ecológico, con el fin de proponer prácticas que disminuyan la huella ecológica sobre la disponibilidad de los recursos naturales, mediante la aplicación de métodos, técnicas y herramientas para el manejo integral de las actividades agrícolas, que permitan la evaluación de la problemática medioambiental, así como la explotación responsable y sostenible de los agroecosistemas. La agroecología ha observado los huertos escolares desde la epistemología de la complejidad (Morin, 2016, citado por Tobar et al., 2020).

Con el objetivo de estudiar nuevas alternativas productivas sostenibles, que no comprometan los bienes naturales y puedan contribuir a la autonomía de las comunidades, ha hecho uso de la ecología, la sociología, la economía o las teorías de los movimientos sociales (Sevilla, 2006, citado por Souza y Padilla, 2021) para analizar estas propuestas y plantea cuestiones como la necesidad de incorporar usos ecológicos que permitan cerrar los ciclos de materia y energía, basados en el uso de insumos localmente disponibles y en diseños adaptados a la cultura local alimentaria (Gliessman, 2013, citado por Souza y Padilla, 2021). En aquellos casos donde esta se ha perdido, plantea su recuperación, utilizando variedades locales o tradicionales, que generan autonomía en la escuela (Toledo y Barrera-Bassols, 2008, citados por Souza y Padilla, 2021).

Acorde con lo antes descrito se indica que el huerto escolar es un sistema ecológico que permite educar a los estudiantes en la comprensión de las interacciones y dinámicas ecológicas que ocurren en estos agroecosistemas, a través de la indagación y realización de experimentos, con miras a desarrollar una capacidad analítica que les permita extrapolar estos conocimientos en otros ámbitos de las ciencias naturales (Botella-Nicolás et al., 2017, citados por Tobar et al., 2020). Con base en lo antes descrito el objetivo del presente estudio fue visibilizar la producción de abonos orgánicos y camas de cultivo en un huerto agroecológico de la Unidad de Estudios Superiores Amatepec, Estado de México.

Métodos

Área de estudio

El huerto agroecológico se estableció con estudiantes de segundo semestre de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable (IIAS) en el periodo 24-25/2 que abarca los meses de marzo a agosto de 2025 dentro de la Unidad de Estudios Superiores Amatepec ubicada en la localidad de Palmar Chico, municipio de Amatepec, Estado de México (Figura 1). Cuenta con una superficie de 391 m², a una altitud promedio de 777 msnm. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (Aw1) (García, 2004). El tipo de suelo predominante es Phaeozem háplico (INEGI, 2020).

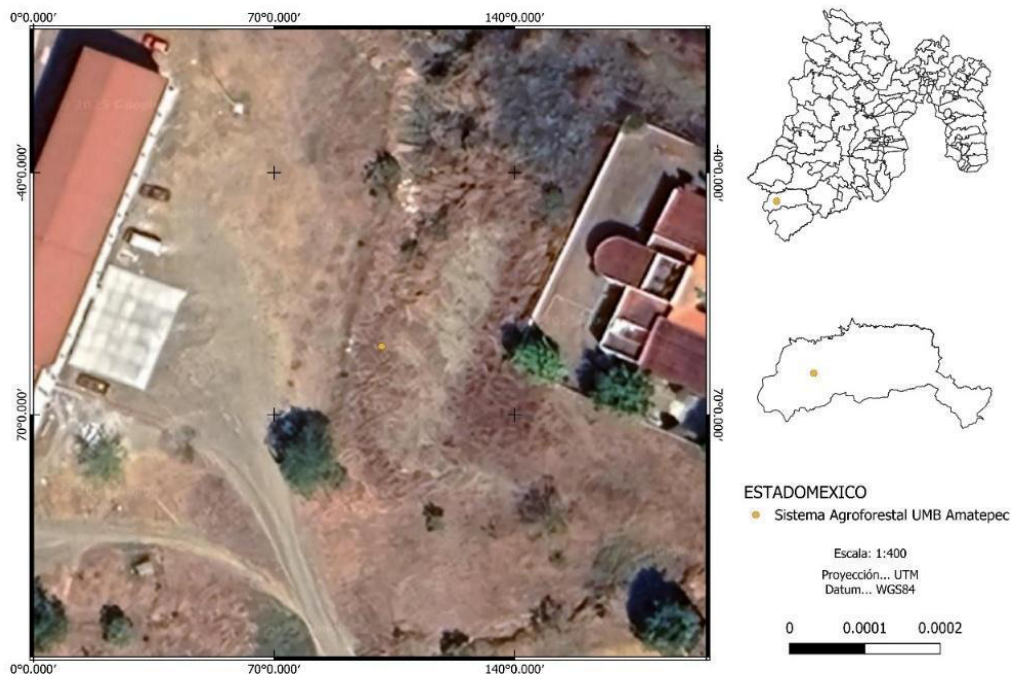


Figura 1. Ubicación del área de estudio. Fuente: Elaboración propia (2025).

Enfoque y tipo de investigación

El presente estudio tiene un enfoque cuantitativo, puesto que se centra en números, mediciones y estadísticas para describir, explicar y predecir fenómenos. Empleando una lógica deductiva además de presentar objetividad (Hernández-Sampieri et al., 2014). De acuerdo con el enfoque, el estudio es de tipo cuantitativo-explicativo, ya que se midieron variables además de buscar relaciones causales y generalizar resultados para explicar causas y efectos.

Elaboración de composta

Se recurrió a la metodología propuesta por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2022), donde se indica que la composta es un abono resultado de un proceso de biodegradación de materia orgánica llevado a cabo por múltiples organismos y microorganismos descomponedores que comen, trituran y degradan las moléculas de ésta bajo condiciones aerobias (Figura 2).



Figura 2. Elaboración de composta por estudiantes de segundo semestre de IIAS. Fuente: Elaboración propia (2025).

Elaboración de biofertilizante

La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2022), propone una metodología donde se indica que el supermagro es un biofertilizante líquido, obtenido mediante una fermentación anaeróbica (sin presencia de oxígeno); actúa como nutriente vegetal y puede utilizarse en todas las etapas fenológicas de los cultivos (Figura 3).



Figura 3. Elaboración de biofertilizante por estudiantes de segundo semestre de IIAS. Fuente: Elaboración propia (2025).

Elaboración de jabón potásico

El jabón potásico es un insecticida y acaricida que combate eficazmente al pulgón, la mosca blanca, los trips y la araña roja, entre otros insectos; sin toxicidad para el ser humano y otros animales, expuesto lo anterior se retomó la metodología propuesta por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (2017) (Figura 4).



Figura 4. Elaboración de jabón potásico por estudiantes de segundo semestre de IIAS. Fuente: Elaboración propia (2025).

Construcción de camas agroecológicas

Una cama alta es un pequeño pedazo de terreno en que la tierra es removida a una profundidad de 60 cm, así la tierra queda suelta y levantada, se recurrió a la metodología propuesta por Suchini et al. (2017), se realizaron ocho camas agroecológicas con dimensiones de 1.50 m de ancho por 3 m de largo (Figura 5). Para ello se siguieron los siguientes pasos:

- Se marca el lugar elegido con estacas o varilla y lazo o rafia (rectángulo).
- Se limpia quitando hierba, piedras y basura.
- A una profundidad de 30 cm, se afloja el suelo con ayuda de una barra o bieldo.
- Se rellena la cama de paja y colocado el suelo encima, se colocó protección a los costados, con el rastrillo se empareja (sin apretar o apisonar) y cubrir con paja para protegerla del sol, lluvia y viento.
- Antes de la siembra regar de forma abundante.



Figura 5. Elaboración de camas agroecológicas por estudiantes de segundo semestre de IIAS. Fuente: Elaboración propia (2025).

Siembra y trasplante

El trasplante de *Solanum lycopersicum* (tomate cáscara morada) (Golden Vegetables Seeds ®) se realizó el 12 de mayo de 2025. También se adquirió semillas de *Raphanus sativus* (rábano champion) (Golden Vegetables Seeds ®), la siembra sobre las camas agroecológicas establecidas dentro del huerto agroecológico se realizó el 24 de junio de 2025 (Figura 6).



Figura 6. Siembra y trasplante de tomate y rábano por estudiantes de segundo semestre de IIAS. Fuente: Elaboración propia (2025).

La semilla de *Cajanus cajan* (L.) Millsp se obtuvo en el Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal (ICAMEX). La siembra se realizó el 9 de junio de 2025, esta se hizo de forma manual directa al suelo, depositando de 2-3 semillas en el suelo a una profundidad de 4-5 cm sobre un área aledaña a las camas agroecológicas, el control de herbáceas se realizó de forma manual (Mateo et al., 2023).

Recolección de datos

En seguimiento a los cultivos se monitorearon algunas variables bióticas y abióticas de los agroecosistemas, teniendo en cuenta normas oficiales, el uso de instrumentos especializados y observaciones recurrentes (Tabla 1).

Tabla 1. Variables abióticas y bióticas monitoreadas durante el estudio

Variables abióticas				Variables bióticas			
Variable	NOM	Instrumento	Observaciones	Tomate verde de hoja (15 plantas)	Rábano (15 plantas)	Cajanus cajan (30 plantas)	Instrumento
T °C de composta	---	Termómetro Elitech®.	El proceso de compostaje se inició el día 19/04/2025, la lectura de la T °C se realizó en las mañanas.	Altura (cm)	Largo Hoja (cm)	Dm (mm)	Vernier
Propiedades físico-químicas de composta	(NOM-021-REC NAT-2000 (SEMARNAT, 2002; Salcedo-Pérez et al., 2019)).	---	---	No Flores/Planta	Ancho Hoja (cm)	Altura (cm)	Flexómetro
Propiedades físico-químicas de biofertilizante	(NOM 113-SSA1-1994).	---	---	No Hojas/Planta	Dm Bulbo (mm)	IR	
T °C del suelo	--	Termómetro Elitech®.	Suelo dentro y fuera de camas a una profundidad de 10 cm	No Frutos/Planta	Peso (gr)	No Hojas trifoliadas	
Precipitación (mm)	---	Pluviómetro analógico con capacidad de 40 mm TFA®.	---	Peso (gr)	24, 34 y 41 días después de la siembra (Orbe, 2017).	38, 45 y 60 días después de la siembra (Mendoza-Pedroza et al., 2023).	
Sólidos disueltos totales (dS/m)	---	Medidor de TDS digital portátil	Suelo dentro y fuera de camas.	67, 77 y 84 días después de trasplante (Acosta Almánzar, 2012).			
pH	--	Medidor de pH digital portátil					

Fuente: Elaboración propia (2025).

Análisis de datos

Para las hortalizas y *C. cajan* se realizó un análisis de varianza (procedimiento ANOVA) de un factor y, posteriormente, a las variables que presentaron diferencia significativa, se les aplicó la prueba de medias de *Tukey* ($p < 0.05$) como comparador múltiple, para verificar posibles diferencias significativas entre las variables (Rubio y Berlanga, 2012) calculadas en el programa estadístico PAST 4.03 (Hammer y Harper, 2001).

Resultados

Hallazgos de la composta y el biofertilizante

La temperatura promedio del proceso de compostaje fue de 31.54 °C, con una máxima de 38.60 °C y una mínima de 26.50 °C (Figura 7). Esto sugiere que el proceso de compostaje se mantuvo predominantemente dentro de un rango mesofílico, sin alcanzar fases termofílicas intensas. Este comportamiento térmico puede interpretarse como indicativo de una actividad microbiana moderada, donde los microorganismos mesófilos (bacterias y hongos) lideraron la descomposición de la materia orgánica. La ausencia de temperaturas superiores a 40–45 °C implica que no se activaron plenamente comunidades termófilas, las cuales suelen estar asociadas con procesos de degradación más acelerados y con la higienización del compost. Asimismo, este patrón térmico puede reflejar condiciones específicas del manejo del sistema. Por ejemplo, una baja relación carbono-nitrógeno (C/N), una humedad no óptima o una aireación limitada podrían haber restringido el incremento de temperatura.

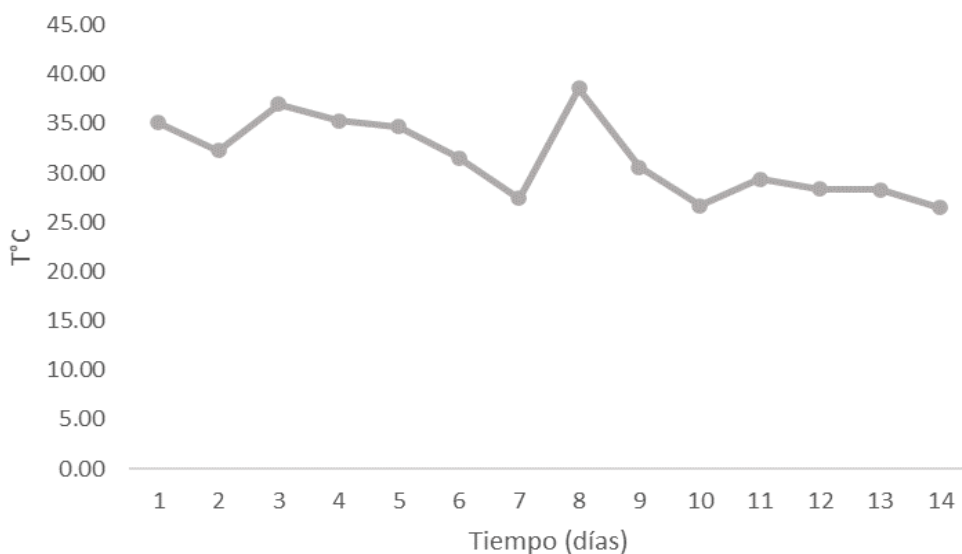


Figura 7. Monitoreo de T en °C de composta. Fuente: Elaboración propia (2025).

Los resultados de las propiedades fisicoquímicas de la composta (Tabla 2) muestran un material con reacción ligeramente alcalina (pH 7.58), ubicada dentro de los rangos aceptables de la normativa, lo que favorece la disponibilidad de nutrientes. Sin embargo, presenta bajos contenidos de carbono orgánico (4.71 %), aunque alta materia orgánica (8.12 %), lo que sugiere un grado limitado de estabilización o una posible mineralización avanzada. En contraste, el nitrógeno total (1.22 %) se encuentra en un nivel adecuado, mientras que los macronutrientes

como fósforo, potasio, calcio y magnesio se reportan en concentraciones altas, indicando un buen potencial fertilizante. Asimismo, los micronutrientes como cobre y zinc están en rangos adecuados, y no se detectaron metales pesados como cromo, níquel o plata, lo que apunta a un producto sin riesgos aparentes de contaminación. En conjunto, se trata de una composta con buena disponibilidad nutrimental pero limitada en contenido de materia orgánica, lo que podría influir en su capacidad para mejorar la estructura del suelo a largo plazo.

Tabla 2. *Propiedades fisicoquímicas de la composta producida en el huerto*

Parámetro	Unidad de medida	Resultado	Clasificación NMX-AA-180-SCFI-2018	Clasificación NMX-AA-180-SCFI-2018. Tipo	Clasificación NOM-021-RECNAT-2000
pH	U pH	7.58	6.7-8.5	III	Medianamente alcalino 7.4-8.5
Carbono Orgánico	%	4.71	Mínimo 10 %	III	
Materia Orgánica	%	8.12	≥20 % MS	III	Muy alto >6.0
Nitrógeno total	%	1.22	1%-3 % MS	II	Alto 0.15-0.25
Fósforo P	mg/kg	797.19	--	--	Alto >11
Potasio K	mg/kg	5576.63	--	--	Alto mayor 0.6
Calcio Ca	mg/kg	3089.99	--	--	Alto mayor 10
Magnesio Mg	mg/kg	831.16	--	--	Alto mayor 3
Sodio Na	mg/kg	124.2	--	--	--
Cobre Cu	mg/kg	3.25	--	--	Adecuado >0.2
Zinc	mg/kg	8.11	--	--	Adecuado >1.0
Cromo Cr	mg/kg	N/D	--	--	--
Níquel Ni	mg/kg	N/D	--	--	--
Plata Ag	mg/kg	N/D	--	--	--

Fuente: Elaboración propia (2025).

Por otro lado, las características fisicoquímicas del biofertilizante (Tabla 3) evidencian un insumo con ligera acidez (pH 5.89) y muy baja conductividad eléctrica (0.00904 dS/m), lo que indica baja salinidad y potencial seguridad para su aplicación en cultivos. Destaca la ausencia de carbonatos y una alta concentración de bicarbonatos y alcalinidad (3869.2 mg CaCO₃/L), lo que sugiere un sistema tamponado. En términos nutrimentales, presenta altas concentraciones de potasio (2775.56 mg/L), así como contenidos importantes de calcio, magnesio y nitrógeno total (182.94 mg/L), además de fósforo y micronutrientes como hierro y boro, lo que le confiere un buen potencial fertilizante. La dureza total elevada (1314.59 mg/L) está asociada a la presencia de estos cationes.

Desde el punto de vista microbiológico (Tabla 4), los valores de coliformes totales (3 NMP/100 ml) y coliformes fecales (<3 NMP/100 ml) son bajos, lo que indica un producto con condiciones sanitarias adecuadas y sin evidencia significativa de contaminación fecal. En

conjunto, se trata de un biofertilizante con buen equilibrio entre calidad nutrimental y seguridad microbiológica, apto para su uso en sistemas agrícolas.

Tabla 3. *Parámetros fisicoquímicos de biofertilizante hecho en el huerto*

Parámetro	Unidad de medida	Resultado
pH	U de pH	5.89
Conductividad eléctrica	dS/m	0.00904
Carbonatos	mg CaoCO ₃ /L	No detectados
Bicarbonatos	mg CaoCO ₃ /L	3869.2
Alcalinidad	mg CaoCO ₃ /L	3869.2
Ca	mg/L	244.64
Mg	mg/L	170.89
Na	mg/L	90.67
K	mg/L	2775.56
P	mg/L	26.84
Dureza total	mg/L	1314.59
N. T. K	mg/L	182.94
Fe	mg/L	10.69
B	mg/L	3.6

Fuente: Elaboración propia (2025).

Tabla 4. *Análisis microbiológico de biofertilizante producido en el huerto*

Parámetro	Unidad de medida	Resultado
Coliformes Totales	NMP/100ml	3
Coliformes Fecales	NMP/100ml	<3

Fuente: Elaboración propia (2025).

Por otra parte, los resultados del análisis de metales pesados del biofertilizante indican que se trata de un insumo ambientalmente seguro y dentro de los límites normativos (Tabla 5). El cadmio (<0.05 mg/L) y el plomo (0.26 mg/L) se encuentran muy por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por la NOM-052-SEMARNAT-2005 (1.0 y 5.0 mg/L, respectivamente), mientras que el cromo no fue detectado, lo que refuerza la ausencia de contaminación por este elemento. Asimismo, la plata (<0.1 mg/L) se mantiene en niveles muy bajos, y aunque el níquel (0.53 mg/L), el zinc (0.22 mg/L), el cobre (<0.2 mg/L) y el manganeso (17.89 mg/L) no cuentan con límites específicos en esta norma para este tipo de insumo, sus concentraciones no sugieren riesgos potenciales. En conjunto, estos resultados evidencian que el biofertilizante no presenta acumulación preocupante de metales pesados, por lo que es apto para su uso agrícola sin implicaciones negativas relevantes para el suelo, las plantas o la salud humana.

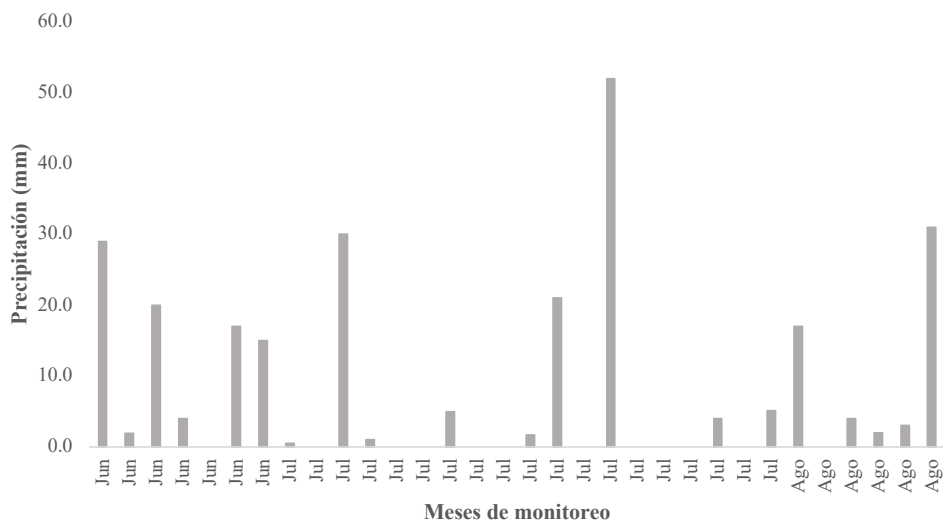


Figura 9. Monitoreo de agua caída en forma de precipitación (mm). Fuente: Elaboración propia (2025).

Se registraron ocho lecturas de sólidos disueltos totales (dS/m) dentro del huerto agroecológico, el promedio dentro de las camas fue de 0.082 (dS/m) y fuera de camas fue de 0.077 (dS/m), el resultado de la prueba t no muestra diferencia estadística (Figura 10). Se registraron ocho lecturas de pH dentro del huerto agroecológico, el promedio dentro de las camas fue de 6.15 y fuera de camas fue de 6.10, el resultado de la prueba t no muestra diferencia estadística (Figura 11).

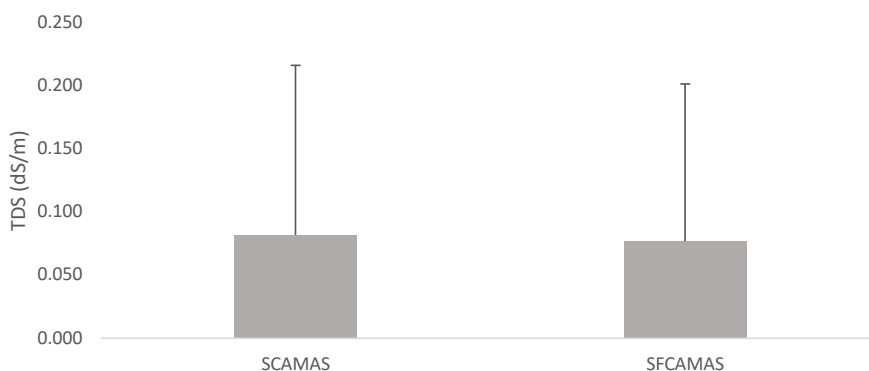


Figura 10. Monitoreo de sólidos disueltos totales en suelo del huerto agroecológico (dS/m). Fuente: Elaboración propia (2025).

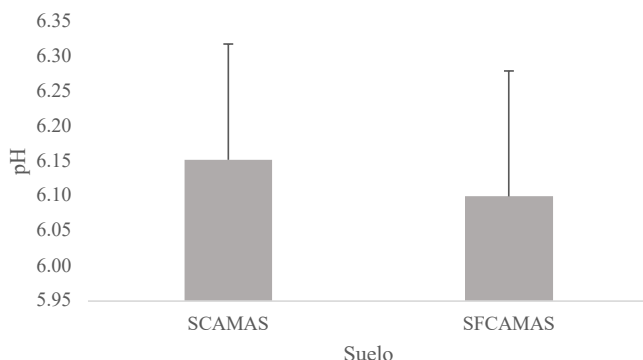


Figura 11. Monitoreo de pH en suelo del huerto. Fuente: Elaboración propia (2025).

Evaluación de hortalizas

Los resultados de las medias de las variables de tomate colectadas a los 67, 77 y 84 días se muestran en la Tabla 6. A los 77 días de trasplante se cosecharon frutos con peso promedio de 76.65 (g).

Tabla 6. Comparación de medias por análisis de varianza de las variables de tomate

Variable	*Medias	Pr>F
Altura (cm)	56.14±15.22	0.1428
No. Flores/Planta	7.84±8.31	0.9277
No. Hojas/Plantas	126.87±150.09	0.0692
No. de Frutos/Planta	4.51±15.54	0.6041

Fuente: Elaboración propia (2025). *Nota:* *Medias ($\pm$ Desv. estándar).

Los resultados de las medias de las variables de rábano colectadas a los 24, 34 y 41 días se muestran en la Tabla 7. A los 34 días de siembra se cosecharon frutos con diámetros promedio de 2.57 cm y peso promedio de 10.33 (g).

Tabla 7. Comparación de medias por Tukey de las variables de rábano en el huerto

Variable	*Medias	Pr>F
No. de hojas	4.15±1.31	0.2004
Largo hojas (cm)	9.92±4.57 bc	0.0000
Ancho de hojas (cm)	3.85±1.60 bc	0.0000

Fuente: Elaboración propia (2025). *Nota:* *Medias ($\pm$ Desv. estándar). Letras distintas en hileras indican diferencias significativas entre las muestras, determinadas mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Evaluación de *C. cajan*

Los resultados de las medias de las variables de *C. cajan* colectadas a los 38, 45 y 60 días y analizadas a través análisis de varianza se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Comparación de medias por Tukey de las variables de *C. cajan* en el huerto

Variable	*Medias	Pr>F
Diámetro del cuello (mm)	2.69±1.09 abc	0.0000
Altura (cm)	44.72±21.05 abc	0.0000
Índice de Robustez	17.03±5.94	0.2331
No. de hojas trifoliadas	10.16±3.59 abc	0.0000

Fuente: Elaboración propia (2025). *Nota:* *Medias (± Desv. estándar). Letras distintas en hileras indican diferencias significativas entre las muestras, determinadas mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Discusión

La temperatura del proceso de compostaje fue menor a la reportada en otros estudios que es de 45-50 °C. Medina-Saavedra et al. (2016) recomiendan que no debe exceder los 50 °C, además Restrepo et al. (2014) sugieren que la temperatura no debe exceder los 60 °C para evitar la desnaturalización de nutrimentos. Las propiedades fisicoquímicas de la composta de acuerdo con la NMX-AA-180-SCFI-2018 se clasifica dentro del tipo III. Castro et al. (2009) aluden que 1 kg de abono de buena calidad debe contener entre 20-24 % de materia orgánica, 1.2-1.8 % de N, 0.3-0.5 % de P y 1.0-2.0 % de K; de acuerdo con los resultados de los parámetros químicos de la composta elaborada en la UES Amatepec a excepción del contenido de nitrógeno total que fue de 1.22 %, los demás parámetros se encuentran por debajo a los indicado por Castro et al. (2009).

Por su parte Quiñones-Ramírez et al. (2016) proponen que los abonos orgánicos elaborados de manera artesanal deben ser ricos en nutrientes, con concentraciones mayores a 700 mg L para N, 170 mg L en P y un rango de 1300 mg L, 1800 mg L de K respectivamente e indican que el pH ideal en una solución de nutrientes se encuentra en el rango de 5 y 6. Respecto a la conductividad eléctrica Yepes y Flórez (2013), mencionan que valores bajos de CE facilita el manejo de fertilización ya que no se consideran fitotóxicos para la utilización en la agricultura.

La altura y el número de hojas por planta de tomate trasplantado en el huerto agroecológico muestra un promedio mayor a lo reportado por Senés-Guerrero et al. (2019) quienes obtuvieron una altura en promedio, según el tratamiento, en un rango de 3.4 a 39.8 cm, bajo T1 que consistió de lixiviado de vermicomposta (25 %), microorganismos (2.5 %), y agua (72.5 %) y T2 que consistió de lixiviado de vermicomposta (25 %), microorganismos (2.5 %), fertilizante químico (NPK) (65 %) y agua (7.5 %) en macetas en invernadero. El número de hojas/planta de rábano sembrado en el huerto agroecológico muestra un promedio mayor en comparación con Mendivil-Lugo et al. (2020) quienes obtuvieron 2.66 hojas/planta sembrada en suelo agrícola.

Por su parte Mendoza-Pedroza et al. (2023) evaluaron a los 38, 45 y 60 días el crecimiento de *C. cajan* en condiciones de laboratorio e indican diferencias significativas respecto a las

variables altura, diámetro y número de hojas trifoliadas. La altura de *C. cajan* sembrado en el huerto agroecológico es mayor respecto a lo reportado por Mendoza-Pedroza et al. (2023) y citan que en el caso de la producción de planta forestal se sugiere usar individuos de menor altura porque se consideran más robustos, menos sensibles a daño eólico, tolerantes a la sequía y heladas (Luis et al., 2004). El diámetro del cuello de *C. cajan* sembrado en el huerto agroecológico es menor con referencia a lo señalado por Mendoza-Pedroza et al. (2023) e indican que mayor diámetro del cuello de la raíz podría emplearse como guía para determinar la resistencia mecánica de la planta y su capacidad para transportar agua y nutrientes de la raíz a la parte aérea.

El número de hojas trifoliadas de *C. cajan* sembrado en el huerto agroecológico es mayor a lo demostrado por Mendoza-Pedroza et al. (2023) y citan que el número de hojas se relaciona con la capacidad fotosintética de la planta, que posterior al trasplante podría reflejarse en mayor vigor y rendimiento (Gallegos-Cedillo et al., 2021), debido a que las plantas podrían acumular más materia seca. El índice de robustez de *C. cajan* mostró un comportamiento superior 10 por lo que se pueden considerar frágiles y propensas a quebrarse (Pérez-González et al., 2012).

La elaboración y aplicación de composta, biofertilizante y jabón potásico el cual funciona para el control de plagas dentro del huerto agroecológico por parte de los estudiantes de IIAS, les permitió entender la importancia del empleo de sustancias que no generen contaminación y toxicidad para el suelo, agua y de organismos benéficos como los polinizadores para una producción sustentable, lo anterior concuerda con Salcedo y Vargas, (2023) quienes elaboraron biofertilizantes y biopesticidas como propuesta pedagógica para implementar en el huerto escolar del Colegio de la Universidad Libre, por lo que evidenciaron que la enseñanza de las ciencias naturales puede abordarse desde las realidades, intereses e inquietudes que emergen por parte de los estudiantes en relación con los procesos de producción de alimentos.

En el huerto de la Universidad Autónoma de Occidente en Santiago de Cali, Colombia, Heano y Arango (2023), con ayuda de los conocimientos que aporta la Biotecnología, emplearon residuos de coladura de café inoculados con micelio de *Mycelium volvariella*. Ahí demostraron que el proceso de degradación de los residuos orgánicos se acelera, disminuyendo así el tiempo de la producción de biofertilizantes en un cincuenta por ciento, lo que promueve prácticas agrícolas sostenibles y la reducción de la generación de desechos; con base en los resultados de la investigación citada, es indispensable adecuar las metodologías de elaboración de biofertilizantes empleadas en la UES Amatepec en beneficio del conocimiento de los estudiantes de IIAS.

Conclusión

Las temperaturas en °C dentro del huerto agroecológico mostraron una variación conforme con las condiciones meteorológicas del sitio de estudio, dentro de las camas agroecológicas se mantuvieron ligeramente por debajo que las registradas en suelo fuera de las camas agroecológicas, lo anterior se puede atribuir a que se adicionaron las camas con restos de pasto

seco y composta, lo cual puede mejorar las condiciones de retención de humedad además de propiciar confort al sistema radical. Los valores de conductividad eléctrica (dS/m) y de pH evaluados dentro del huerto agroecológico se mantuvieron ligeramente similares, lo anterior indica que las dosis aplicadas de insumos agrícolas tales como composta, biofertilizante, guano de murciélago, jabón potásico, melaza y tierra de diatomeas sobre las hortalizas cultivadas no modifican las condiciones de salinidad ni de pH. El promedio de precipitación fue de 8.3 mm, ésta no fue constante por lo que fue necesario aplicar riegos de auxilio.

El tomate a los 77 días de trasplante mostró frutos con una madurez fisiológica y morfológica óptima para cosecha, lo anterior de acuerdo con las condiciones agrícolas, edáficas y climáticas del sitio de estudio. El rábano a los 34 días de siembra mostró frutos con una madurez fisiológica y morfológica óptima para cosecha, lo anterior de acuerdo con las condiciones del sitio de estudio. Por otro lado, *C. cajan* mostró crecimiento tanto en altura como en diámetro del cuello, lo anterior evidencia que la especie se puede adaptar a las condiciones edafoclimáticas como las que imperan en el sitio de estudio. El elemento agua y un sistema de riego es indispensable para el óptimo crecimiento y desarrollo de los cultivos, por lo que es esencial con una fuente de agua permanente en el área de estudio. El huerto agroecológico puede generar salida de productos como forraje, granos y hortalizas de ciclo corto. Además, puede ayudar en la recuperación de la fertilidad del suelo y genera beneficios ambientales como la captura de carbono y alberga biodiversidad.

Agradecimientos

A los estudiantes de la generación 2024-2028 de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable de la Unidad de Estudios Superiores Amatepec por su disponibilidad para la realización del estudio.

Referencias bibliográficas

- Botella-Nicolás, A. M., Hurtado-Soler, A., & Cantó-Doménech, J. (2017). El huerto escolar como herramienta innovadora que contribuye al desarrollo competencial del estudiante universitario. Una propuesta educativa multidisciplinar. *Vivat Academia*, (139), 19-31. <https://doi.org/10.15178/va.2017.139.19-31>
- Gallegos-Cedillo, V. M., Diánez, F., Nájera, C., & Santos, M. (2021). Plant agronomic features can predict quality and field performance: A bibliometric analysis. *Agronomy (Basel, Switzerland)*, 11(11), 2305. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112305>
- García, E. (2004). *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. Universidad Nacional Autónoma de México. <http://www.librosoa.unam.mx/handle/123456789/1372>
- Gliessman, S. R. (2013). Agroecología: Plantando las raíces de la resistencia. *Agroecología*, 8(2), 19-26. <http://hdl.handle.net/10201/42273>
- González-Márquez, L. C., Félix-Gastélum, R., Sandoval-Romero, J. A., Escobedo-Urías, D. C., & Longoria-Espinoza, R. M. (2021). Caracterización de biofertilizantes utilizados en el valle agrícola de Guasave, Sinaloa, México. *Terra Latinoamericana*, 39, 1-14. e859. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.859>

- Hammer, Ø., & Harper, D. A. (2001). Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontología electrónica*, 4(1), 1. <https://bit.ly/4bI0ipc>
- Heano Castrillon, E., & Arango Cifuentes, S. (2024). Elaboración de un biofertilizante de uso agrícola aprovechando residuos de coladura de café inoculados con micelium (*Mycelium volvariella*) en el huerto de la Universidad Autónoma de Occidente (Trabajo de licenciatura). Colombia: Universidad Autónoma de Occidente. <https://hdl.handle.net/10614/15741>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Compendio de información municipal Amatepec*. Amatepec, Estado de México Clave geoestadística 15008. <http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/espacioydatos/default.aspx?ag=15018>
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). (2017). Paso a paso, preparación de Jabón Potásico. Ficha Técnica 16. Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile. <https://bit.ly/4dC1kWe>
- Luis V. C., Peters, J., González-Rodríguez, A. M., Jiménez, M.S., & Morales, D. (2004). Testing nursery plant quality of Canary Island pine seedlings grown under different cultivation methods. *Phyton*, 44(2), 231–244. <https://doi.org/10.5555/20053058738>
- Mateo Suero, B. F., Oviedo, F., & Cedano, J. (2023). Evaluación de cultivares de guandul [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] sensibles al fotoperiodo en la provincia San Juan, República Dominicana. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 10(3), 21-28. <https://doi.org/10.53287/nnyk7822xd30p>
- Medina-Saavedra, T., Arroyo-Figueroa, G., Martínez-Pérez, I., & Vargas-Rodríguez, L. (2016). Fertilizante orgánico bocashi en germinación de semillas de mezquite (*Prosopis glandulosa*). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria México*, 4(2), 20-30.
- Mendivil-Lugo, C., Nava-Pérez, E., Armenta-Bojórquez, A. D., Ruelas-Ayala, R. D., & Félix-Herrán, J. A. (2020). Elaboración de un abono orgánico tipo bocashi y su evaluación en la germinación y crecimiento del rábano. *Biocencia*, 22(1), 17-23. <https://doi.org/10.18633/biocencia.v22i1.1120>
- Mendoza-Pedroza, S. I., Méndez-Gaona, E., Pérez-Cruz, K. U., Hernández-Livera, A., Escalante-Estrada, J. A. S., & Domínguez-Martínez, P. A. (2023). Tamaño de semilla y su efecto sobre el crecimiento de plántulas de *Cajanus cajan* (L.) Millsp. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 46(4A), 497-497. <https://doi.org/10.35196/rfm.2023.4A.497>
- Morin, E. (2016). Enseñar a vivir. Manifiesto para cambiar la educación. Barcelona: Paidós. (Espasa Libros SLU), 157 pp. Bordón. *Revista de pedagogía*, 69(2), 179-180.
- Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005. (2006). *Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos*. Diario Oficial de la Federación.
- Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994. (1994). *Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa*. Diario Oficial de la Federación.
- Orbe, J. A. (2017). Evaluación de la eficiencia de Microorganismos de Montaña (MM) en la Finca Agroecológica Zamorano (Tesis de pregrado). Honduras: Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano.
- Pérez González, G., Domínguez-Domínguez, M., Martínez-Zurimendi, P., & Etchevers-Barra, J. D. (2012). Caracterización dasométrica e índice de sitio en plantaciones de caoba en Tabasco, México. *Madera y Bosques*, 18(1), 7-24. <https://doi.org/10.21829/myb.2012.181511>
- Quiñones-Ramírez, H., Trejo-Cadillo, W., & Juscamaita-Morales, J. (2016). Evaluación de la calidad de un abono líquido producido vía fermentación homoláctica de heces de alpaca. *Ecología Aplicada*, 15(2), 1726-2216. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v15i2.753>
- Restrepo, J. M., Gómez, J., & Escobar, R. (2014). *Utilización de los residuos orgánicos en la agricultura*. Fundación para la investigación y desarrollo agrícola (FIDAR), Official Development Assistance

- (ODA) y Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Colombia-Japón. <https://hdl.handle.net/10568/56825>
- Rubio, M. J. H., & Berlanga, V. S. (2012). Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student y ANOVA en SPSS. Caso práctico. *Revista d'Innovació i Recerca En Educació*, 5(2), 83–100. <http://dx.doi.org/10.1344/reire2012.5.2527>
- Salcedo, Á. P. A., & Vargas, G. O. D. (2023). Elaboración de biofertilizantes y biopesticidas: Una propuesta pedagógica para implementar en la huerta escolar del colegio de la universidad libre. (Tesis de Especialidad). Colombia: Fundación Universitaria Los Libertadores.
- Salcedo-Pérez, E., Blandón-Ruiz, B. A., Hernández-Álvarez, E., González-Cruz, R., Bernabé-Antonio, A., Orozco-Guareño, E. & Delgado-Fornués, E. (2019). Propiedades del suelo y nitrógeno como indicadores del crecimiento en plantaciones comerciales de teca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(52). <http://dx.doi.org/10.29298/rmcf.v10i52.398>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2022). *Manuales prácticos para la elaboración de bioinsumos. 9. Composta. Estrategia de acompañamiento técnico*. SADER. <https://bit.ly/4dznjwX>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2022). *Manuales prácticos para la elaboración de bioinsumos. 3. Supermagro. Estrategia de acompañamiento técnico*. SADER. <https://bit.ly/4d3Env4>
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2002). *Norma Oficial Mexicana, Especificaciones de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de Suelos, Estudio, Muestreo y Análisis*. SEMARNAT. <https://kr8ip7j.short.gy/my-link>
- Senés-Guerrero, C., Guardiola-Márquez, C. E., & Pacheco-Moscoa, A. (2019). Evaluación de biofertilizantes a base de microorganismos y lixiviado de vermicomposta en cultivos de interés económico en México. *AgroProductividad*, 12(3), 53-61. <https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1348>
- Sevilla, E. (2006). De la Sociología Rural a la agroecología. Editorial Icaria. <https://kr8ip7j.short.gy/5VA1nj>
- Souza, T. D. J. M., & Padilla, M. C. (2021). Los huertos escolares y su potencial como innovación educativa. Enseñanza de las Ciencias. *Revista de investigación y experiencias didácticas*, 39(2), 163-180. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2886>
- Suchini, J. G., Taleno, S., & Soto, G. (2017). *Manual para el establecimiento y manejo agroecológico de patios y huertos comunitarios*. CATIE. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/8653>
- Tobar, D. N., Carabalí-Banguero, D. J., & Bonilla, D. S. (2020). La huerta escolar como estrategia en el desarrollo de competencias y el pensamiento científico. *Revista Interamericana de Investigación Educación y Pedagogía RIIEP*, 13(1), 101-112. <https://doi.org/10.15332/25005421/5462>
- Toledo, V. M., & Barrera-Bassols, N. (2008). La memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales. Editorial Icaria. <https://kr8ip7j.short.gy/By4BJL>
- Yepes, L. F., & Flórez, V. J. (2013). Analysis of the electric conductivity and pH behaviors in recycled drainage solution of rose cv. Charlotte plants grown in substrate. *Agronomía Colombiana*, 31(3), 352-361. <https://kr8ip7j.short.gy/Hb1Rju>