

Restauración de heras comunitarias para la producción hortícola, reciclaje orgánico y gestión integrada de suelo y agua

Restoration of community plots for horticultural production, organic recycling and integrated soil and water management

Betsy Beatriz Barre Párraga¹, Marvin Rene Zambrano Lara¹, Ever Dario Morales Avendaño²

¹Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López- ESPAM MFL

²Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Manta, Ecuador

Recibido febrero 2026, aceptado mayo 2026, en línea 18 junio 2026.

Resumen

La investigación tuvo como objetivo evaluar la restauración de Heras comunitarias mediante el uso de sustratos orgánicos para mejorar la producción hortícola y la calidad del suelo en la comunidad de Sarampión, Manabí, Ecuador. Se empleó un enfoque mixto, mediante el establecimiento de cinco unidades experimentales con diferentes combinaciones de tierra de monte, hojarasca y bovinaza. Se analizaron las propiedades del suelo, el desarrollo de los cultivos y la producción. Los resultados evidenciaron que los tratamientos con Tierra de monte + bovinaza presentaron mayor disponibilidad de nutrientes y mayor producción de frutos, destacándose el cultivo de pimienta. Por su parte, los sustratos con hojarasca favorecieron el desarrollo foliar en cebollín y cilantro. En general, la incorporación de materia orgánica mejoró las condiciones edáficas y el rendimiento de los cultivos. Se concluyó que las Heras comunitarias constituyen una estrategia viable para restaurar la producción hortícola, la sostenibilidad en sistemas agrícolas de pequeña escala, considerando el reciclaje orgánico y la gestión integrada de suelos y aguas.

Palabras clave: agroecología, fertilidad del suelo, producción hortícola, materia orgánica, sostenibilidad.

Abstract

The objective of the research was to evaluate the restoration of community Heras through the use of organic substrates to improve horticultural production and soil quality in the community of Sarampión, Manabí, Ecuador. A mixed approach was used, by establishing five experimental units with different combinations of forest land, leaf litter and cattle manure. The properties of the soil, the development of crops and production were analyzed. The results showed that the treatments with Mountain soil + cattle manure presented greater availability of nutrients and greater fruit production, highlighting the cultivation of pepper. For its part, substrates with leaf litter favored foliar development in chives and cilantro. In general, the incorporation of organic matter improved soil conditions and crop yields. It was concluded that community gardens constitute a viable strategy to restore horticultural production, sustainability in small-scale agricultural systems, considering organic recycling and integrated soil and water management.

Keywords: agroecology, soil fertility, horticultural production, organic matter, sustainability.

Introducción

La creciente demanda de alimentos saludables y producidos de manera sostenible evidenció la necesidad de promover modelos agrícolas más resilientes y compatibles con la conservación ambiental. En las últimas décadas se ha señalado que los sistemas agrícolas intensivos han contribuido a la degradación

del suelo, la reducción de la biodiversidad y el uso ineficiente de los recursos hídricos, lo que compromete la estabilidad de los sistemas productivos a largo plazo (Lal et al., 2021). Frente a este escenario, diversos enfoques contemporáneos resaltaron la importancia de recuperar prácticas agroecológicas y sistemas productivos locales que fortalezcan la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de los territorios rurales (Altieri & Nicholls, 2020).

* Correspondencia del autor:

E-mail: betsy.barre.0220@espam.edu.ec.



Esta obra está bajo una licencia de creative commons: atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

En América Latina, y particularmente en Ecuador, estas problemáticas tienen un impacto significativo en las zonas rurales, donde la agricultura continúa siendo una actividad esencial para el sustento económico y la alimentación de muchas familias. Informes recientes sobre desarrollo agrícola sostenible indican que la expansión urbana, el cambio en el uso del suelo y la limitada planificación territorial han contribuido a la reducción de áreas destinadas a la producción agrícola comunitaria (FAO, 2022). En la provincia de Manabí esta situación se refleja en procesos de erosión del suelo, disminución de la disponibilidad de agua y pérdida gradual de la fertilidad del suelo, factores que inciden directamente en la productividad agrícola y en la seguridad alimentaria de las comunidades rurales (Zhang et al., 2023).

De igual manera, el uso intensivo de fertilizantes químicos y pesticidas generó preocupaciones relacionadas con la salud ambiental y humana. Investigaciones recientes señalaron que la dependencia excesiva de agroquímicos afectó la calidad del suelo, alteró la biodiversidad microbiana y generó riesgos para los ecosistemas agrícolas (Zhao et al., 2022). En contextos rurales con recursos limitados, esta situación también reforzó dinámicas de dependencia tecnológica y dificultades económicas para los pequeños productores.

Ante estos desafíos, la restauración de huertos y espacios agrícolas comunitarios ha surgido como una alternativa que contribuye a fortalecer la producción de alimentos a escala local. Diversos estudios han demostrado que los huertos comunitarios, combinados con prácticas de reciclaje orgánico y manejo agroecológico del suelo, pueden mejorar la fertilidad del suelo, optimizar el uso del agua y fortalecer la participación comunitaria en los procesos productivos (Weidner et al., 2021). En este sentido, el aprovechamiento de residuos orgánicos mediante procesos de compostaje representa una estrategia efectiva para incrementar la materia orgánica del suelo y reducir la generación de residuos urbanos (Luz & Vázquez, 2021).

Asimismo, el uso de técnicas de manejo eficiente del agua, como sistemas de riego localizado y estrategias de captación de agua de lluvia, ha sido identificado como un componente clave para mejorar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas en regiones donde las precipitaciones presentan variabilidad estacional (FAO, 2022). Cuando estas estrategias se combinan con procesos participativos y con el rescate de conocimientos agrícolas tradicionales, es posible fortalecer la autonomía productiva de las comunidades y promover modelos de producción más sostenibles (Altieri & Nicholls, 2020).

Además, investigaciones recientes destacan que la producción hortícola en espacios comunitarios puede generar beneficios adicionales para las comunidades, tales como una mejor disponibilidad

de alimentos frescos, mejoras en la calidad de la dieta y un fortalecimiento de la cohesión social entre los participantes (Kingsley et al., 2021). Desde esta perspectiva, la recuperación de sistemas agrícolas comunitarios no solo tiene implicaciones productivas, sino también sociales y ambientales.

En este contexto, la presente investigación se desarrolla desde un enfoque metodológico mixto, que integra herramientas cuantitativas y cualitativas con el propósito de comprender de manera integral los efectos de la restauración de Heras comunitarias en la producción hortícola, el manejo de residuos orgánicos y la gestión sostenible del suelo y el agua en la comunidad de Sarampión.

Este enfoque permite abordar la problemática considerando tanto los aspectos productivos como los factores sociales y culturales que influyen en el funcionamiento de los sistemas agrícolas locales.

En respuesta a esta realidad, el objetivo del estudio fue reactivar el uso de Heras comunitarias en la comunidad de San Miguel de Sarampión, cantón Bolívar, provincia de Manabí, Ecuador, mediante la implementación de un modelo de producción hortícola basado en el reciclaje de residuos orgánicos, mediante la colecta previa de tierra de monte (hojas descompuestas en su totalidad) y hojarasca (hojas en proceso de biodegradación) y estiércol de ganado o Bovinaza (deshidratada), para la mejora de la fertilidad del suelo y el manejo sostenible del agua. De esta manera, se busca restaurar las unidades de producción hortícola de la comunidad de San Miguel de Sarampión, reconociendo la trayectoria histórica de sus familias montubias en el manejo de Heras comunitarias como una práctica arraigada de importancia ambiental y cultural, y fortalecer su vigencia como estrategia contemporánea para enfrentar los desafíos relacionados con la seguridad alimentaria y la degradación ambiental.

Materiales y Métodos

Ubicación de la Investigación

La presente investigación se desarrolló en la comunidad San Miguel de Sarampión, parroquia Quiroga, cantón Bolívar, provincia de Manabí, Ecuador (Fig. 1). Esta zona se caracteriza por presentar sistemas de producción agrícola familiar y prácticas tradicionales vinculadas a la agricultura campesina. El área de estudio comprendió cinco unidades productivas familiares seleccionadas con base en la participación voluntaria de los habitantes de la comunidad. En cada una de estas fincas ya se habían elaborados Heras, procedentes de las actividades de Vinculación de la carrera de Ingeniería Ambiental de la ESPAM MFL en 2024-2025 en conjunto con las familias en sus hogares.

En cada una de estas fincas se estableció una unidad experimental denominada Hera, las cuales fueron identificadas y georreferenciadas en el mapa del área de estudio.

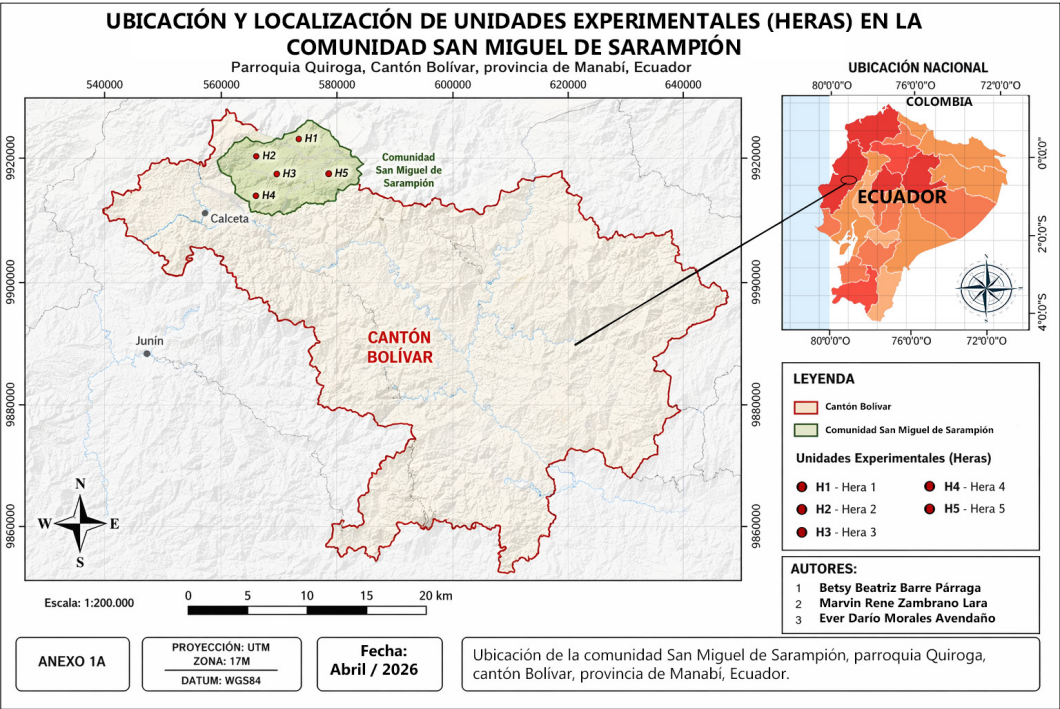


Figura 1. Ubicación geográfica de la comunidad San Miguel de Sarampión, parroquia Quiroga, Cantón Bolívar, provincia de Manabí, Ecuador. Y localización de las unidades experimentales (Heras) identificadas como H1, H2, H3, H4, H5.

Las Heras fueron codificadas como H1, H2, H3, H4 y H5, con el propósito de facilitar su identificación y el seguimiento de las actividades experimentales. La inclusión de estos puntos referenciales en el mapa permite visualizar la distribución espacial de las unidades experimentales dentro de la comunidad.

El área de estudio incluyó la selección de acuerdo con la participación de las familias y en la siguiente ubicación en el mapa de la Comunidad de Sarampión (Figura. 1).

El establecimiento de las unidades experimentales (Heras) en predios familiares responde al objetivo de integrar la investigación con la práctica comunitaria, permitiendo a los participantes involucrarse activamente en el monitoreo de cultivos, el mantenimiento de las parcelas y la evaluación de los resultados. Esta estrategia también facilitó la apropiación de conocimientos, al desarrollar el proceso en un entorno cotidiano y familiar para las personas involucradas. Es de indicar que los participantes contribuyeron en todas las actividades hasta en la cosecha de las hortalizas.

FASE 1: Se reactivó las unidades de producción hortícola sustentable mediante el reciclaje orgánico. Actividad 1. Se realizó un diagnóstico participativo y Diseño de las Heras Comunitarias.

Se inició con un diagnóstico participativo de la comunidad y sus recursos disponibles, priorizando el diálogo con los actores locales para identificar

conocimientos, prácticas y espacios adecuados para el establecimiento de Heras. A partir de este proceso se diseñó, junto a las familias involucradas. En la regeneración de las camas, se implementó un sistema comunitario de reciclaje orgánico a base de bambú, aprovechando residuos domiciliarios y agrícolas como insumos para la preparación de sustratos y abonos naturales.

FASE 2: Se evaluó el impacto socioambiental y sustitución progresiva de agroquímicos.

Se realizó un seguimiento de los indicadores fisicoquímicos y biológicos del suelo en las Heras, con énfasis en la mejora de su fertilidad, estructura, retención de humedad y contenido de materia orgánica. Asimismo, se evaluó la calidad del agua destinada al riego, con el fin de garantizar su idoneidad y prevenir fuentes de contaminación.

Actividad 2. Se realizó un análisis cuantitativo de los nutrientes

Con el propósito de determinar la influencia de los sustratos orgánicos sobre la fertilidad del suelo y el desarrollo de los cultivos hortícolas, se efectuó un análisis cuantitativo de los principales nutrientes presentes en las Heras experimentales seleccionadas. Para los análisis de nutrientes, solo fueron seleccionadas al azar las Heras: H1 (Tierra de Monte 60% + Hojarasca 40%), H2 (Tierra de Monte 60% + Bovinaza 40%) y H4 (Tierra de Monte 60% + Hojarasca y Tierra de Cacao 40%). Las Heras H3 y H5, si bien forman parte del experimento como unidades productivas diferenciadas, no fueron incluidas en los análisis de laboratorio dada su selección aleatoria,

obtenidas a una profundidad aproximada de 0-20 cm, siguiendo un muestreo a azar simple en diferentes puntos de cada unidad de cultivo.

Las muestras fueron homogenizadas, etiquetadas y enviadas a laboratorio para la determinación de variables fisicoquímicas y nutricionales. Se cuantificaron los macronutrientes primarios: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), así como los nutrientes secundarios calcio (Ca) y magnesio (Mg), además del porcentaje de materia orgánica y pH del suelo.

El análisis cuantitativo se realizó mediante estadística descriptiva, considerando valores absolutos, promedios e intervalos entre tratamientos.

A diferencia de la hojarasca, que corresponde a residuos vegetales secos depositados sobre la superficie del suelo, la hojarasca de cacao proviene específicamente del cultivo de cacao y participa en el reciclaje de nutrientes del sistema agroforestal. Por su parte, la bovinaza es un abono orgánico de origen animal, derivado del estiércol bovino, utilizado para mejorar la fertilidad y el contenido de materia orgánica del suelo.

Esta actividad permitió establecer la relación entre la composición nutricional del suelo y la respuesta productiva de las hortalizas, particularmente en variables como desarrollo vegetativo, permanencia del cultivo y producción de hojas o frutos.

Resultados

Características fisicoquímicas del suelo en las Heras
Los análisis fisicoquímicos del suelo realizados en las unidades experimentales permitieron identificar diferencias en las propiedades edáficas asociadas a los sustratos utilizados en cada Hera. En términos generales, los suelos presentaron condiciones ácidas, con valores de pH entre 4,9 y 5,6, lo cual es característico de suelos tropicales sometidos a alta precipitación y lixiviación de bases (FAO, 2022). Sin embargo, se ha reconocido algunas hortalizas, prefieren un suelo ligeramente ácido, alrededor de un

pH de 6,5 (Hillock, 2022).

En la Hera 1, cuyo sustrato estuvo compuesto por una mezcla de tierra de monte y hojarasca, el contenido de materia orgánica alcanzó valores de 26,04 %, lo cual indicó una alta disponibilidad de compuestos orgánicos que favorecen la actividad microbiológica del suelo. Además, se observó una concentración adecuada de fósforo disponible (106,3 ppm) y niveles apropiados de potasio, (2,98meq/100 g) y magnesio (3,15meq/100g), elementos fundamentales para el crecimiento vegetal. Estos resultados se evidencian en el informe de análisis de suelos correspondiente a esta unidad experimental.

Por su parte, la Hera 3, establecida con tierra de monte y hojarasca de cacao, presentó un pH de 5,48; lo que corresponde a una condición de suelo ácido moderado. En este caso, el contenido de materia orgánica fue de 16,06 %, inferior al registrado en la Hera 1, aunque aún dentro de un rango favorable para la producción hortícola.

lo cual corresponde a una condición edáfica situada entre los tratamientos con mayor enriquecimiento orgánico (H1, H2 y H5) y aquellos con menor contenido de materia orgánica disponible.

Por tanto, los valores intermedios hacen referencia a una fertilidad moderada del suelo, caracterizada por una disponibilidad equilibrada de nutrientes y una menor acumulación de materia orgánica en comparación con los tratamientos más enriquecidos, lo que se traduce en condiciones favorables para el crecimiento de cultivos, pero con un potencial productivo menor en relación con las Heras que incorporaron mayores cantidades de materia orgánica (Tabla 1).

Desarrollo de los cultivos hortícolas
Según (Radulov, 2024) durante el periodo de evaluación se observó un crecimiento vegetal favorable, evidenciado por: buen desarrollo foliar, altura entre 45-90 cm, establecimiento uniforme de las especies hortícolas cultivadas, principalmente cebollín (*Allium fistulosum*), cilantro (*Coriandrum sativum*) y pimiento

Tabla 1. Comparación fisicoquímica de los sustratos en las Heras experimentales

Hera	Tipo de sustrato	pH	Materia orgánica (%)	Fósforo (ppm)	Calcio	Magnesio
H1	Tierra de monte y hojarasca= 60%- 40%	4,91	26,04	106,3	35	3,15
H2	Tierra de monte (60%) + Bovinaza (40%)	5,58	28,10	8,81	3,04	25
H4	Tierra de monte (60%) + Hojarasca y tierra de Cacao (40%)	5,47	28,10	106,3	3,15	35

Tabla 2. Comparación general de las Heras (sustrato, nutrientes y productividad)

Hera	Tipo de sustrato	pH	Materia orgánica (%)	Nutrientes predominantes	Hortalizas	Tipo de producción
H1	Tierra de monte + hojarasca	4.91	26.04	Alto: P, K, Mg	Cebollín, cilantro	Hojas/ bulbosa
H2	Tierra de monte + bovinaza	5.58	28.10	Alto: N, P, K	Pimiento, cebollín	Frutos/ bulbosa
H4	Tierra de monte + hojarasca cacao	5.47	28,10	Alto: P, Mn, Mg	Cebollín, cilantro	Hojas/ bulbosa

(Capsicum annuum).

En la Hera 1, el cebollín presentó un crecimiento uniforme y una buena adaptación al sustrato utilizado. Las plantas mostraron un follaje vigoroso y un adecuado establecimiento durante todo el periodo de estudio. El cilantro también evidenció un crecimiento favorable, aunque con menor permanencia en el ciclo productivo debido a su naturaleza de cultivo de ciclo corto.

En la Hera 2, donde el sustrato incluyó bovinaza, el pimiento mostró un desarrollo vegetativo más pronunciado en comparación con otras unidades experimentales. Este comportamiento puede estar asociado a la mayor disponibilidad de nutrientes derivados de la materia orgánica incorporada al suelo; lo cual favorece el crecimiento inicial de las plantas (Zhao et al., 2022).

La hortaliza presentó un crecimiento caracterizado por una uniformidad en el desarrollo foliar, altura de las plantas y robustez estructural. Esta respuesta permitió mantener una permanencia estable a lo largo del periodo de investigación, evidenciando una buena adaptación de los cultivos a las condiciones del sustrato y un comportamiento agronómico constante; sin embargo, en algunas parcelas se observaron ligeras variaciones en el vigor de las plantas. Finalmente, en la Hera 5, el pimiento mostró un desarrollo favorable asociado a la presencia de bovinaza en el sustrato. Este tratamiento favoreció el crecimiento vegetativo y la producción de biomasa en comparación con las unidades experimentales que no incluyeron estiércol bovino (H1 y H4).

Producción y cosecha de las hortalizas

En términos de producción, las Heras a las que incorporaron materia orgánica de origen animal (H2 y H5) presentaron mayores niveles de desarrollo, reflejados en variables como altura de la planta, número de frutos y producción total. En particular, el cultivo de pimiento en la Hera 5 alcanzó una altura promedio de 76 ± 2,5 cm y una producción de 80 frutos de pimiento distribuidos en 15 plantas; mientras que en la Hera 2 se registraron alturas entre 60 y 75 cm, con una producción de 25 frutos de pimiento

obtenidos en 7 plantas productivas.

En la Hera 3, los cultivos mostraron una respuesta intermedia en términos de crecimiento. El cilantro presentó una buena germinación y desarrollo inicial, mientras que el pimiento mostró un crecimiento moderado, posiblemente asociado a las características químicas del suelo y al contenido de materia orgánica disponible.

Comparación general de las Heras

La comparación entre tratamientos evidenció que los sustratos con mayor contenido de nutrientes, especialmente aquellos enriquecidos con materia orgánica animal, favorecieron la producción de frutos, mientras que los sistemas basados en hojarasca promovieron el desarrollo foliar. En conjunto, se identificó una relación directa entre suelo, nutrientes y productividad, confirmando que el manejo del sustrato constituye un factor determinante en el desempeño agronómico de los cultivos. Salud vegetal y permanencia de los cultivos Durante el desarrollo del experimento se observó un buen estado fitosanitario general en las plantas. No se registraron ataques severos de plagas o enfermedades que afectaran significativamente el desarrollo de los cultivos.

La duración de los cultivos varió entre tratamientos, registrándose un periodo de permanencia de 124 días desde la siembra hasta la finalización del ciclo productivo. A partir de los resultados sobre el contenido de macronutrientes NH₄, P, S, (Figura 2); se obtuvieron los mayores valores en cuanto al NH₄ con 44,49 ppm en la combinación Tierra de Monte 60% + Bovinaza 40%, seguido de 38,04 ppm en Tierra de Monte 60% + Hojarasca 40%, mientras que la combinación Tierra de Monte 60% + Hojarasca y Tierra de Cacao 40% registró el valor más bajo con 17,41 ppm. En cuanto al azufre (S), el valor más alto fue de 77,26 ppm correspondiente también a la combinación Tierra de Monte 60% + Bovinaza 40%, y para el fósforo (P), el mayor contenido se reportó en Tierra de Monte 60% + Hojarasca 40% con 106,3 ppm, siendo este el valor más destacado entre todos los macronutrientes evaluados.

En cuanto al contenido de micronutrientes, se

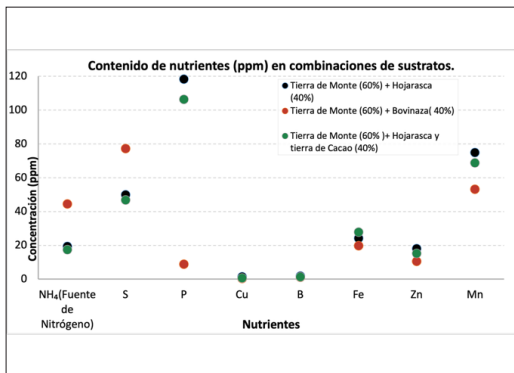


Figura 2. Contenido de nutrientes en combinaciones de sustrato.

reportaron niveles bajos de cobre (Cu) y boro (B) en las tres combinaciones, con valores que oscilaron entre 0,3 y 0,6 ppm para Cu y entre 1,04 y 1,35 ppm para B, lo que indica una disponibilidad limitada pero relativamente homogénea entre sustratos. Para el zinc (Zn), los valores registrados fueron 17,8 ppm en Tierra de Monte 60% + Hojarasca 40%, 15,2 ppm en Tierra de Monte 60% + Hojarasca y Tierra de Cacao 40% y 10,5 ppm en Tierra de Monte 60% + Bovinaza 40%, evidenciando una tendencia decreciente. El manganeso (Mn) presentó los valores más altos dentro de los micronutrientes, con 74,8; 68,8 y 53,2 ppm, La prueba de comparaciones múltiples de Tukey HSD ($\alpha = 0.05$) revela que los tres grupos difieren significativamente entre sí: H1 (74.200) > H2 (68.633) > H4 (53.200). La diferencia más grande se observa entre H1 y H4 (21.000 unidades), seguida de H2 vs H4 (15.433) y H1 vs H2 (5.567). Todos los pares presentan $p < 0.05$ con la corrección de Tukey. Respectivamente en el mismo orden de combinaciones, mostrando igualmente una disminución progresiva. En términos generales, el contenido de micronutrientes registrado en las tres combinaciones se considera adecuado.

Contenido de K, Mg y Ca (meq/100g) en combinaciones de sustratos

A continuación con la (Figura 3) se obtiene que en relación al contenido de potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) en las combinaciones de sustratos evaluadas, se determinó que el potasio presentó valores similares en las combinaciones con hojarasca, registrando 2,98 meq/100g en Tierra de Monte 60% + Hojarasca 40% y 2,98 meq/100g en Tierra de Monte 60% + Hojarasca y Tierra de Cacao 40%, mientras que el valor más alto fue de 8,81 meq/100g en Tierra de Monte 60% + Bovinaza 40%, lo que puede atribuirse a la naturaleza de la bovinaza como fuente orgánica rica en potasio disponible.

En cuanto al magnesio (Mg), las combinaciones evaluadas presentaron los siguientes valores: 3,15 meq/100g en Tierra de Monte 60% + Hojarasca 40%, 35 meq/100g en Tierra de Monte 60% + Hojarasca y Tierra de Cacao 40%, y 25 meq/100g en Tierra de Monte 60% + Bovinaza 40%, evidenciando que la combinación con hojarasca de cacao presenta la mayor acumulación de

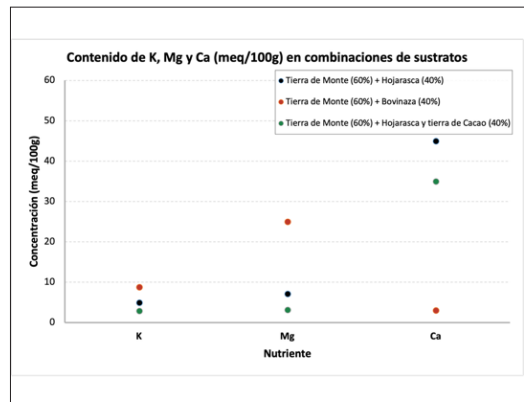


Figura 3. Contenido de K, Mg y Ca (meq/100g) en combinaciones de sustrato.

este nutriente, lo que puede estar relacionado con el aporte específico de la tierra de cacao y la hojarasca a la disponibilidad de magnesio en el sustrato.

Respecto al calcio (Ca), los valores registrados fueron 35 meq/100g en Tierra de Monte 60% + Hojarasca 40%, 3,15 meq/100g en Tierra de Monte 60% + Hojarasca y Tierra de Cacao 40%, y 3,04 meq/100g en Tierra de Monte 60% + Bovinaza 40%, evidenciando que la combinación con hojarasca presenta mayor disponibilidad de calcio en el sustrato, La prueba de Tukey HSD ($\alpha = 0.05$) revela que H1 (media = 34.8000) difiere significativamente de H2 (3.0400) y H4 (3.1233), mientras que H2 y H4 no presentan diferencia significativa entre sí ($p = 0.6737$). La agrupación por letras es: H1

(a), H2 (b), H4 (b). En términos generales, los niveles de K, Mg y Ca registrados en las tres combinaciones se consideran adecuados para garantizar un desarrollo óptimo de cultivos hortícolas, siendo la combinación Tierra de Monte 60% + Hojarasca 40% la que presentó los valores más altos de calcio.

Discusión

Los resultados obtenidos permiten confirmar el planteamiento inicial de la investigación, orientado a evaluar la efectividad de la restauración de Heras comunitarias mediante el uso de sustratos orgánicos en la producción hortícola y la mejora de la calidad del suelo. En este sentido, se evidencia que la incorporación de materia orgánica, especialmente a través de la combinación de tierra de monte con hojarasca o bovinaza, influyó directamente en el comportamiento productivo de las especies cultivadas.

Desde el punto de vista edáfico, los valores de pH registrados en las diferentes Heras (4,9-5,6) reflejan condiciones ácidas típicas de suelos tropicales. Sin embargo, los altos contenidos de materia orgánica observados en tratamientos como H1 y H2 contribuyeron a mejorar la disponibilidad de nutrientes y la actividad biológica del suelo, lo cual se tradujo en mejores condiciones para el desarrollo

de los cultivos. Este comportamiento coincide con lo reportado por Lal et al. (2021), quienes señalan que la materia orgánica cumplió un papel fundamental en la estabilidad estructural del suelo y en la disponibilidad de nutrientes en sistemas agrícolas sostenibles.

En relación con la comparación entre tratamientos, las Heras que incorporaron bovinaza (H2 y H5) presentaron mayores concentraciones de nutrientes como nitrógeno y fósforo, lo cual se reflejó en un crecimiento vegetativo más intenso y en una mayor producción de frutos, particularmente en el cultivo de pimiento. Los datos de campo muestran que la Hera 5 alcanzó aproximadamente 80 frutos en 15 plantas, superando notablemente a otras unidades experimentales. Este resultado fue consistente con estudios recientes que destacan que los abonos orgánicos de origen animal incrementan significativamente la fertilidad del suelo y la productividad de cultivos hortícolas (Zhang et al., 2023).

Por otro lado, las Heras con sustratos basados en hojarasca (H1, H3 y H4) mostraron un desempeño más equilibrado, destacándose en la producción de biomasa foliar, especialmente en cultivos como cebollín y cilantro. En la Hera 1, por ejemplo, se registró un crecimiento uniforme, buena altura promedio (56 cm) y alta permanencia de las plantas, lo que sugiere que este tipo de sustrato favoreció el desarrollo vegetativo más que la producción de frutos. Este comportamiento puede explicarse por la liberación gradual de nutrientes proveniente de la descomposición de la materia orgánica, lo cual coincide con lo planteado por Zhao et al. (2022) sobre el efecto de los residuos orgánicos en la mejora progresiva de la fertilidad del suelo.

En términos de desarrollo de cultivos, se observó que el cebollín presentó una alta capacidad de adaptación a los diferentes tipos de sustrato, manteniendo un crecimiento constante en todas las Heras. Este resultado refuerza lo señalado por Santos et al. (2022), quienes indican que esta especie posee tolerancia a variaciones en la fertilidad del suelo y responde favorablemente a sistemas de fertilización orgánica. Por su parte, el cilantro mostró ciclos más cortos y menor permanencia, lo cual es coherente con su comportamiento agronómico como cultivo de rápido desarrollo.

El cultivo de pimiento fue el que presentó mayor respuesta a las condiciones de fertilidad del suelo, especialmente en las Heras con mayor contenido de materia orgánica disponible. En H2 y H5 se observó mayores alturas (hasta 75-76 cm), mayor número de frutos y mejor vigor vegetal, lo que evidenció una relación directa entre disponibilidad de nutrientes y rendimiento productivo. Este comportamiento fue ampliamente documentado en sistemas hortícolas donde el uso de enmiendas orgánicas mejora el crecimiento y la productividad de cultivos exigentes en nutrientes (Zhang et al., 2023).

En cuanto a la salud vegetal, el buen estado fitosanitario observado en todas las Heras sugiere que el manejo agroecológico aplicado contribuyó a generar condiciones más equilibradas en el sistema productivo. La ausencia de plagas severas y la adecuada permanencia de los cultivos indicó que la diversificación de especies y el uso de materia orgánica pudo fortalecer la resiliencia de los agroecosistemas, tal como lo señalan Altieri y Nicholls (2020).

Macronutrientes (NH₄, P, S)

El mayor valor de nitrógeno amoniacal (NH₄) registrado en la combinación Tierra de Monte 60% + Bovinaza 40% (44,49 ppm) se atribuye al aporte de la bovinaza como insumo orgánico rico en formas amoniacales de nitrógeno; el estiércol animal es reconocido como fuente valiosa de nitrógeno, fósforo y potasio, y su incorporación en sustratos mejora significativamente la calidad nutricional del medio de cultivo (Cavalli et al., 2016). El alto contenido de fósforo en la combinación Tierra de Monte 60% + Hojarasca 40% (106,3 ppm) se explica por el aporte de la hojarasca, ya que esta constituye la principal vía de transferencia de materia orgánica y nutrientes hacia la superficie del suelo, siendo una fuente clave de mineralización natural de elementos como el fósforo (López-Hernández et al., 2013). El azufre más elevado en Tierra de Monte 60% + Bovinaza 40% (77,26 ppm) es coherente con la composición del estiércol bovino, cuyos nutrientes en formas orgánicas se transforman gradualmente en formas inorgánicas disponibles para las plantas, liberando compuestos azufrados en el proceso (Dadrassia et al., 2021).

Micronutrientes (Cu, B, Zn, Mn)

Los bajos niveles de Cu (0,3-0,6 ppm) y B (1,04-1,35 ppm) registrados en las tres combinaciones son un comportamiento esperado en sustratos orgánicos, ya que los micronutrientes metálicos presentan solubilidad mínima a pH básico o alcalino, condición frecuente en este tipo de mezclas (Abreu, 2021). Aun así, estas concentraciones no representan riesgo de deficiencia severa para hortalizas. Los valores de Zn y Mn más altos en la combinación Tierra de Monte 60% + Hojarasca 40% se asocian al aporte de este componente vegetal, dado que los micronutrientes catiónicos como Zn y Mn aumentan su biodisponibilidad en condiciones de menor pH; mientras que sustratos con mayor saturación cálcica pueden reducir su disponibilidad (Haroun et al., 2023). En conjunto, el contenido de micronutrientes registrado en las tres combinaciones de sustratos se considera adecuado para el desarrollo óptimo de cultivos hortícolas.

Contenido de K, Mg y Ca (meq/100g) en combinaciones de sustratos

El potasio (K) registró su valor más alto en la combinación Tierra de Monte 60% + Bovinaza 40% con 8,81 meq/100g, lo que se atribuye directamente al aporte de la bovinaza como fuente orgánica; la materia orgánica compostada y los abonos de origen animal son reconocidos como fuentes en las que el potasio se encuentra ampliamente disponible para las plantas,

de forma similar a las fuentes inorgánicas (Beltrán-Morales et al., 2019). Las otras dos combinaciones presentaron valores iguales entre sí (2,98 meq/100g), lo que indica que tanto la hojarasca como la tierra de cacao aportan este elemento de manera similar.

En cuanto al magnesio (Mg), los valores registrados entre los sustratos mostraron diferencias: 3,15 meq/100g en Tierra de Monte 60% + Hojarasca 40%, 35 meq/100g en Tierra de Monte 60% + Hojarasca y Tierra de Cacao 40%, y 25 meq/100g en Tierra de Monte 60% + Bovinaza 40%, lo que evidencia una variación notable entre combinaciones atribuible a la composición específica de cada sustrato. La absorción de magnesio por las plantas depende de múltiples factores como la textura, porosidad, pH y capacidad de intercambio catiónico del sustrato, así como de la concentración de otros elementos como calcio y potasio que pueden influir en su disponibilidad (Andrews et al., 2021).

El calcio (Ca) fue el nutriente con los valores más elevados en las combinaciones con hojarasca, siendo el mayor en Tierra de Monte 60% + Hojarasca 40% con 35 meq/100g. El calcio facilita la absorción y distribución de otros nutrientes esenciales en el interior de la planta, mejora la resiliencia ante estreses ambientales y contribuye a la calidad del producto cosechado, reduciendo desórdenes como la pudrición apical en cultivos hortícolas (Iñón Lezcano, 2025). Sin embargo, se debe considerar que niveles muy elevados de calcio pueden generar antagonismos con otros cationes. Un exceso de calcio puede reducir la absorción de magnesio y potasio, alterando el equilibrio catiónico del sustrato y afectando la nutrición general del cultivo (Wang et al., 2023).

En conjunto, los niveles de K, Mg y Ca registrados en las tres combinaciones se consideran adecuados para la producción de hortalizas, siendo la combinación Tierra de Monte 60% + Hojarasca 40% la que ofrece mayor disponibilidad de calcio (35 meq/100g) y la combinación con bovinaza la de mayor aporte de potasio (8,81 meq/100g).

Desde una perspectiva más amplia, los resultados obtenidos también permiten situar el estudio dentro del contexto de la agroecología aplicada a nivel comunitario. La implementación de Heras en predios familiares no solo mejoró la producción hortícola, sino que también promovió la participación de los agricultores en el manejo de sus cultivos y en el aprovechamiento de recursos locales. Este enfoque coincide con investigaciones recientes que destacan el papel de los huertos comunitarios en la mejora de la seguridad alimentaria y el fortalecimiento del tejido social en comunidades rurales (FAO, 2022; Weidner et al., 2021).

En conjunto, los resultados permiten afirmar que la restauración de Heras comunitarias, bajo un enfoque agroecológico basado en el reciclaje orgánico, constituye una estrategia viable para mejorar la fertilidad del suelo, incrementar la producción

hortícola y fortalecer la sostenibilidad de los sistemas agrícolas a pequeña escala. No obstante, se recomienda continuar con evaluaciones a largo plazo que permitan analizar la estabilidad de estos sistemas y su impacto en la productividad sostenida de los cultivos.

Conclusión

La restauración de Heras comunitarias bajo un enfoque agroecológico demostró ser una estrategia efectiva para mejorar la producción hortícola en sistemas agrícolas de pequeña escala en la comunidad de Sarampión. La incorporación de materia orgánica en los sustratos evaluados generó condiciones favorables de fertilidad y disponibilidad de nutrientes; lo que se reflejó directamente en el crecimiento y productividad de los cultivos.

Los tratamientos enriquecidos con bovinaza (H2) presentaron los mejores resultados productivos, destacándose especialmente en el cultivo de pimiento, especie que mostró mayor respuesta a la disponibilidad de nutrientes y mayor permanencia en el ciclo de producción. Por su parte, los sustratos basados en hojarasca favorecieron el desarrollo foliar en cultivos como cebollín y cilantro, siendo este último el de ciclo más corto y, por tanto, el más adecuado para cosechas rápidas dentro de sistemas diversificados. El cebollín, a su vez, evidenció alta adaptabilidad a distintas condiciones de suelo.

En términos sociales, la restauración de las Heras fortaleció la participación familiar en el proceso productivo, promovió el aprovechamiento de recursos locales y contribuyó a reactivar las prácticas agrícolas tradicionales, consolidándose como una herramienta concreta para la seguridad alimentaria y la sostenibilidad comunitaria.

Recomendaciones

Priorizar el uso de bovinaza en cultivos de alta demanda nutricional como el pimiento, y hojarasca en especies de producción foliar como cebollín y cilantro, combinando ambos sustratos con siembras escalonadas para optimizar el aprovechamiento continuo de las Heras.

Para futuras investigaciones, se sugiere ampliar el periodo de evaluación, incorporar mediciones de rendimiento por planta o por área.

Finalmente, se recomienda fortalecer el acompañamiento técnico a las familias y el monitoreo periódico de la fertilidad del suelo, como elementos clave para garantizar la sostenibilidad del sistema agroecológico implementado.

Referencias bibliográficas

Abreu, C. (2021). Micronutrientes en sustratos comerciales

- usados para producción de *Viola x wittrockiana*. https://www.academia.edu/24175965/Micronutrientes_en_sustratos_comerciales_usados_para_producci%C3%B3n_de_Viola_x_wittrockiana
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2020). Agroecology and the reconstruction of a post-COVID-19 agriculture. *The Journal of Peasant Studies*, 47(5), 881-898.
- Andrews, E. M., Kassama, S., Smith, E. E., Brown, P. H., & Khalsa, S. D. S. (2021). A Review of Potassium-Rich Crop Residues Used as Organic Matter Amendments in Tree Crop Agroecosystems. *Agriculture*, 11(7), 580. <https://doi.org/10.3390/agriculture11070580>
- Ayala Ayala, N. M. (2020). How do farmers experience agroecology in rural communities of northern Ecuador? [Tesis de maestría, University of New Mexico]. Digital Repository UNM.
- Beltrán-Morales, F. A., Nieto-Garibay, A., Murillo-Chollet, J. S. A., Ruiz-Espinoza, F. H., Troyo-Díez, E., Alcalá-Jauregui, J. A., Murillo-Amador, B., Beltrán-Morales, F. A., Nieto-Garibay, A., Murillo-Chollet, J. S. A., Ruiz-Espinoza, F. H., Troyo-Díez, E., Alcalá-Jauregui, J. A., & Murillo-Amador, B. (2019). Contenido inorgánico de nitrógeno, fósforo y potasio de abonos de origen natural para su uso en agricultura orgánica. *Terra Latinoamericana*, 37(4), 371-378. <https://doi.org/10.28940/terra.v37i4.520>
- Catacora-Vargas, G. (2025). Building bridges in agroecological knowledge: Exploratory review of lessons learned from Latin American practice of agroecology relevant to strengthening food systems. IDRC. <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstreams/bd7a81c7-d92e-429b-a178-b20cfe278c20/download>
- Cavalli, D., Cabassi, G., Borrelli, L., Geromel, G., Bechini, L., Degano, L., & Marino Gallina, P. (2016). Nitrogen fertilizer replacement value of undigested liquid cattle manure and digestates. *European Journal of Agronomy*, 73, 34-41. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.10.007>
- Dadrasnia, A., de Bona Muñoz, I., Yáñez, E. H., Lamkaddam, I. U., Mora, M., Ponsá, S., Ahmed, M., Argelaguet, L. L., Williams, P. M., & Oatley-Radcliffe, D. L. (2021). Sustainable nutrient recovery from animal manure: A review of current best practice technology and the potential for freeze concentration. *Journal of Cleaner Production*, 315, 128106. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128106>
- Espinales, H., Orrala, M., Burgos, B., & Nieto, C. (2025). Desafíos y oportunidades de la agroecología para el desarrollo socioeconómico rural en Ecuador: una revisión de los últimos cinco años. *Revista Social Fronteriza*. <https://revistasocialfronteriza.com>
- Espinoza Conde, H. F. (2023). Aprovechamiento de residuos orgánicos en huertos comunitarios en Manabí Chico [Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraría.edu.ec/Archivos/ESPINOZA%20CONDE%20HECTOR%20FABIO.pdf>
- Fajardo, C., Molina, C., & Díaz, E. (2025). El compostaje como estrategia pedagógica para el manejo adecuado de residuos orgánicos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2.17521
- FAO, FIDA, UNICEF, PMA, & OMS. (2025). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2025: Abordar la alta inflación de los precios de los alimentos para la seguridad alimentaria y la nutrición. FAO. <https://doi.org/10.4060/cd6008es>
- FAO. (2021). In brief to the state of food security and nutrition in the world 2021: Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all. <https://doi.org/10.4060/cb5409>
- FAO. (2022). Soil fertility management for sustainable agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- González, R., Barrientos, L., & Zúñiga, D. (2023). La agroecología: un camino para el cuidado del agua y la soberanía alimentaria. *Revista Agroecología*. <https://www.researchgate.net/publication/388039481>
- Haroun, M., Xie, S., Awadelkareem, W., Wang, J., & Qian, X. (2023). Influence of biofertilizer on heavy metal bioremediation and enzyme activities in the soil to revealing the potential for sustainable soil restoration. *Scientific Reports*, 13(1), 20684. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-44986-8>
- Hillock D. (2022). Mejorando la fertilidad del suelo del huerto. Servicio de Extensión Cooperativa de Oklahoma. HLA-6007-1-4.
- Iñon Lezzano, G. A. (2025). Evaluación de aplicaciones foliares de calcio como una estrategia para la prevención de la podredumbre apical en el cultivo de tomate industria (*Solanum lycopersicum* L.). <http://huru.unsj.edu.ar/handle/123456789/701>
- Kingsley, J., Foenander, E., & Bailey, A. (2021). "You feel like you're part of something bigger": Exploring motivations for community garden participation. *Urban Forestry & Urban Greening*, 58, 126938.
- Lal, R., Brevik, E., Dawson, L., Field, D., Glaser, B., Hartemink, A., & Singh, B. (2021). Managing soils for recovering from the COVID-19 pandemic. *Soil Systems*, 5(1), 1-15.
- López-Hernández, J. M., González-Rodríguez, H., Ramírez-Lozano, R. G., Cantú-Silva, I., Gómez-Meza, M. V., Pando-Moreno, M., & Estrada-Castillón, A. E. (2013). Producción de hojarasca y retorno potencial de nutrientes en tres sitios del estado de Nuevo León, México. *Polibotánica*, (35), 41-64.
- Luz, M., & Vázquez, N. (2021). Composting as a sustainable strategy for organic waste management in urban agriculture. *Waste Management*, 120, 302-310.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2021). Informe de gestión 2022. <https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/05/1.informede-rendicion-de-cuentas---udaf-planta-central.pdf>
- Pérez, S., & López, M. (2022). Huertos comunitarios y compostaje urbano: una experiencia de agricultura sostenible en Guayas. *Revista Interamericana de Ambiente y Sociedad*, 12(3), 45-60.
- Pretty, J., Benton, T., Bharucha, Z., Dicks, L., Flora, C., Godfray, H., & Wratten, S. (2020). Global assessment of agricultural system redesign for sustainable intensification. *Nature Sustainability*, 3, 106-116.
- Rivera, G., & Mancheno, F. (2023). Seguridad alimentaria y producción agrícola sostenible en Ecuador. *Revista Científica Zambos*. <https://revistaczambos.utelvtad.edu.ec/index.php/home/article/view/35>
- Santos, J., Pereira, M., Costa, R., & Silva, L. (2022). Growth and yield performance of green onion under different organic fertilization systems. *Agronomy*, 12(4), 915.
- Secretaría General Iberoamericana. (2023). Informe del Observatorio La Rábida sobre desarrollo sostenible y cambio climático para Iberoamérica. Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo. <https://www.segib.org/wp-content/uploads/Informe-Observatorio-La-Rabida-Digital-ES.pdf>
- Valarezo, A., & Ramírez, M. (2020). Metodologías participativas para la restauración agroecológica en comunidades rurales. *Revista Ciencia y Desarrollo Rural*, 8(2), 34-48.
- Wang, T., Chen, X., Ju, C., & Wang, C. (2023). Calcium signaling in plant mineral nutrition: From uptake to transport. *Plant Communications*, 4(6). <https://doi.org/10.1016/j.xplc.2023.100678>
- Weidner, T., Yang, A., & Hamm, M. (2021). Consolidating the current knowledge on urban agriculture in productive urban food systems. *Sustainability*, 13(2), 1-21.
- Zhang, Y., Li, H., Wang, Q., & Chen, X. (2023). Effects of organic manure application on soil fertility and vegetable yield: A global meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 857, 159693.

Zhao, X., Liu, S., Wang, Y., & Li, J. (2022). Organic amendments improve soil fertility and crop productivity in vegetable systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 328, 107849.