

PROPUESTA DE ACTIVIDADES PARA EL MANEJO AGROECOLÓGICO DE SUELOS EN SEIS ZONAS CAFETALERAS, MUNICIPIO LA PALMA

PROPOSAL FOR AGROECOLOGICAL SOIL MANAGEMENT ACTIVITIES IN SIX COFFEE-GROWING ZONES IN THE MUNICIPALITY LA PALMA

Yasiel Cairo Sosa^{1*}, Mariol Morejón García², Rolando Acuña Velázquez³, José Reinaldo Díaz Rivera⁴, Rosmery Gallardo Rodríguez⁵

¹Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saiz Montes de Oca". Departamento Agronomía de Montaña. Cuba. CP 20100.

<https://orcid.org/0009-0008-7177-0447>

²Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saiz Montes de Oca", CP 20100, Cuba. <https://orcid.org/0000-0002-0166-877X>.

³Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saiz Montes de Oca", CP 20100, Cuba. <https://orcid.org/0000-0003-2311-250X>.

⁴Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saiz Montes de Oca". Departamento Agronomía de Montaña. Cuba. CP 20100.

<https://orcid.org/0009-0008-0743-9003>.

⁵Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saiz Montes de Oca". Departamento Agronomía de Montaña. Cuba. CP 20100.

<https://orcid.org/0009-0006-9530-2715>

*Autor para la correspondencia (e-mail): yasiel.cairo@upr.edu.cu

Recibido para su publicación: 21/07/2025 - Aceptado para su publicación: 10/11/2025

Resumen

La investigación se realizó en el año 2025 en seis zonas cafetaleras del municipio La Palma, provincia Pinar del Río, cuyo objetivo es proponer actividades para el manejo agroecológico de suelos en seis zonas cafetaleras. Se aplicaron métodos cualitativos, que combinaron la revisión sistemática de literaturas científicas en bases especializadas (Google Scholar, Scopus, Science Direct) apoyado con un trabajo de campo con observación directa en las zonas y se aplicó el método morfogenético de descripción de perfiles de suelo, además se realizaron intercambios con productores, estableciendo diálogos directos no estructurados. Fueron identificados 24 artículos científicos, distribuidos en las siguientes temáticas: aptitud de suelos, prácticas de conservación, manejo del suelo y manejo agroecológico nutricional en el cultivo. Destacando, prácticas efectivas como terrazas, tranques, barreras vivas, cercas vivas, rotaciones de cultivos, cortinas rompevientos, coberturas vivas, rotación de cultivos y fertilizantes orgánicos como (compost, bocashi), abonos verdes y encalado, mientras el diagnóstico reveló el predominio de un manejo convencional basado en agricultura tradicional poco conservacionista y problemas críticos de degradación (erosión hídrica), común en estos ecosistemas montañosos agravados por la complejidad de su geomorfología en suelos Ferralíticos y Fluvial, aptos para la producción del café, lo que permitió discutir la dicotomía entre el potencial agroecológico del territorio apoyado por su biodiversidad y las prácticas insostenibles actuales, concluyendo que se requiere un enfoque sistémico que integre conservación de suelos, nutrición orgánica y manejo de la biodiversidad como propuesta central para la transición agroecológica en la región.

Palabras claves: *manejo sostenible; prácticas efectivas; revisión sistemática; transición agroecológica.*

Abstract

The research was conducted in 2025 in six coffee-growing zones of the municipality of La Palma, Pinar del Río province, with the objective of proposing a set of activities for the agroecological management of soils in these six coffee-growing zones. Qualitative methods were applied, combining a systematic review of scientific literature in specialized databases (Google Scholar, Scopus, Science Direct), supported by field work with direct observation in the zones, and the morphogenetic method for describing soil profiles was applied. In addition, exchanges were held with producers through direct, unstructured dialogues. 24 scientific articles were identified, distributed across the following themes: soil suitability, conservation practices, soil management, and nutritional agroecological management in the crop. The findings highlight effective practices such as terraces, check dams, live barriers, live fences, crop rotations, windbreaks, living mulches (cover crops), and organic fertilizers such as compost and bocashi, green manures, and liming, while the diagnosis revealed the predominance of conventional management based on traditional, poorly conservation-oriented agriculture and critical degradation problems (water erosion), common in these mountain ecosystems and exacerbated by the complexity of their geomorphology on Ferralitic and Fluvial soils, which are suitable for coffee production. This allowed for discussion of the dichotomy between the territory's agroecological potential, supported by its biodiversity, and current unsustainable practices, concluding that a systemic approach integrating soil conservation, organic nutrition, and biodiversity management is required as the core proposal for the agroecological transition in the region.

Keywords: *sustainable management; effective practices; systematic review; agroecological transition.*

INTRODUCCIÓN

González, (2019) considera que a nivel mundial el empleo de fertilizantes en cuanto se refiere al uso de plaguicidas e insecticidas, es muy utilizado con el fin de lograr mayor rendimiento en los cultivos, pero la aplicación excesiva ha ocasionado: degradación del suelo, deterioro de la estructura del suelo y microfauna, desequilibrios biológicos, eutrofización, contaminación de aguas subterráneas, toxicidad de las aguas, contaminación del aire, y de los ecosistemas, reducción de la biodiversidad, estos efectos se deben principalmente por la aplicación inadecuada de los fertilizantes.

El uso de fertilizantes sintéticos, herbicidas, fungicidas e insecticidas es una práctica común en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.). Estos productos químicos se emplean para optimizar los rendimientos y facilitar las labores agrícolas. Sin embargo, su aplicación indiscriminada y excesiva, a menudo sin una asesoría adecuada, puede generar un desequilibrio ambiental. Las consecuencias de este uso excesivo incluyen graves impactos como la eutrofización, la toxicidad, la contaminación del aire y el suelo, la pérdida de y la fertilidad de los suelos, fauna y flora. Es importante destacar que el uso de herbicidas puede requerir tratamientos específicos, como el corte a nivel de brotes antes de su aplicación, para lograr una mayor efectividad.

La mirada en la agroecología, como alternativa a corto y largo plazo de regeneración y mejoras, para enfrentar la crisis ambiental y alimentaria que amenaza tanto a la población como a la capacidad de los gobiernos para cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible (FAO, 2018).

La agroecología es la integración del conocimiento ecológico con la práctica agrícola para fomentar la biodiversidad, la eficiencia del uso de recursos y la resiliencia de los sistemas agrícolas (ALTIERI Y NICHOLLS, 2012). Gliessman, (2013) adiciona los aspectos biológicos y técnicos de la agricultura, y sus dimensiones sociales y económicas, promoviendo equidad y justicia social.

La caficultura regenerativa es un concepto que promueve el cuidado y restauración del ambiente, el manejo sostenible del suelo y el agua, la mitigación y adaptación al cambio climático y la protección de la biodiversidad y de los medios de vida de los caficultores (JARAMILLO, 2024). Este enfoque se apoya en un suelo saludable que garantiza la producción sostenible de alimentos, y cumpla sus funciones ecológicas para sostener la vida (LAL, 2020).

En el municipio La Palma, provincia de Pinar del Río, la caficultura constituye una actividad económica esencial que se desarrolla predominantemente en suelos del agrupamiento Ferralítico y Fluvial, ácidos pero apto para el desarrollo y producción de café y bajo condiciones climáticas caracterizadas por altas precipitaciones y pendientes medias-altas, pese a estas condiciones potencialmente degradativas, predomina un manejo convencional con predominio de uso de insumos químicos, ausencia de prácticas de conservación de suelos y problemas críticos de erosión hídrica en seis zonas cafetaleras clave. El problema central que aborda esta investigación es insuficiente conocimiento en actividades agroecológico por parte de los productores cafetaleros, quienes carecen de herramientas metodológicas acceso sistematizado y métodos sostenibles adaptados a su contexto específico, lo que limita la transición hacia modelos resilientes.

Frente a esta problemática, asumimos la posición de que la solución viable y necesaria radica en la compilación y sistematización de prácticas agroecológicas validadas científicamente, articuladas en una propuesta concreta de manejo. El propósito del estudio es proponer actividades para el manejo agroecológico de suelos en seis zonas

cafetaleras a partir de la recopilación de métodos agroecológicos empleados en investigaciones científicas nacionales e internacionales para el cultivo de café (*Coffea arabica* L.), para beneficiar directamente a los productores involucrados en este estudio.

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación, responde directamente al Proyecto Territorial: "Fortalecimiento Agroecológico y Extensionista de la Producción Local de Alimentos en Pinar del Río" (FAEPLA), código: PT131PR001-014 y al proyecto de la Empresa CUBACAFE en conjunto con Organizaciones Superiores de Dirección Empresarial (OSDE) con el título: "Las Veredas del Café", código: NA111LH-500-002. El estudio se llevó a cabo en el año 2025 en seis zonas cafetaleras del municipio La Palma. Tres zonas de las evaluadas pertenecen a usufructuarios donde sus parcelas fueron otorgadas en 2019 por la UBPC El Llano bajo un contrato de usufructo con una duración de 20 años, conforme al Decreto Ley No. 358/2018 sobre la asignación de tierras estatales ociosas, dos de los tres restantes pertenecen a la Empresa Café La Palma y la otra a la UBPC El Llano.

En las seis zonas de estudio se registra un promedio anual de precipitaciones de 1854 mm, de los cuales 1389 mm (equivalente al 74,9 %) se concentran en el período lluvioso. Estos valores coinciden con los rangos del mapa isoyético de la región, que indican precipitaciones entre 1600-2000 mm para dicho período y entre 1200-1400 mm para el período menos lluvioso. Durante la etapa menos lluviosa, se acumulan 465 mm, lo que representa el 25,1 % del total anual (PLASENCIA *et al.*, 2020). En cuanto al comportamiento térmico anual en la zona de estudio, se registra una temperatura mínima promedio de 18.2 °C, mientras que la máxima media alcanza los 29.67 °C (PLASENCIA *et al.*, 2020).

Los suelos que predominan en las zonas pertenece al Agrupamiento Ferralítico y Fluvial cuyo proceso de formación respectivamente es Ferralitización y Aluvial (HERNÁNDEZ *et al.*, 2019).

Métodos

La investigación emplea un método cualitativo, que no busca medir variables numéricamente sino comprender en profundidad las prácticas agrícolas, el contexto ambiental y el conocimiento de los productores, para luego construir una propuesta de manejo agroecológico contextualizada. Sus componentes cualitativos son:

1. Revisión sistemática de literatura científica: Se realizó una búsqueda y análisis interpretativo de artículos en bases de datos especializadas (Google Scholar, Scopus, Science Direct) utilizando palabras clave. No se trata de un meta-análisis estadístico, sino de una síntesis cualitativa que identifica, categoriza y relaciona prácticas agroecológicas efectivas (terrazas, barreras vivas, abonos orgánicos, etc.), sus fundamentos ecológicos y su aplicabilidad en sistemas cafetaleros.
2. Trabajo de campo con observación directa: Se visitaron las seis zonas cafetaleras y se aplicó el método morfogenético de descripción de perfiles de suelo, una técnica cualitativa de observación en campo que permitió caracterizar los tipos de suelos, tipo de manejo del cultivo utilizado, signos de erosión hídrica, pendientes y cobertura vegetal, sin recurrir a mediciones extensivas.

Descripción de perfiles

- Selección de perfiles principales y puntos de control.

- Descripción morfogénética de los horizontes de los suelos. Consistió en la selección de perfiles y algunas propiedades física, química y biológica. La descripción genética se realizó a una profundidad hasta 100 cm, además se pudo contactar la profundidad del suelo y la resistencia o susceptibilidad a los diferentes procesos de degradación.
3. Intercambios con productores: Se establecieron diálogos directos no estructurados con los caficultores (usufructuarios y obreros). Mediante estas conversaciones se recopiló información sobre las prácticas de manejo tradicional (uso de agroquímicos, ausencia de abonos orgánicos, manejo de arvenses, etc.), las limitaciones percibidas y los conocimientos locales. Esta técnica permite captar significados, experiencias y la lógica detrás de las decisiones productivas.
 4. Análisis interpretativo y contextual: La información de la revisión documental y del diagnóstico de campo se integró de manera cualitativa para discutir la “dicotomía entre el potencial agroecológico del territorio y las prácticas insostenibles actuales y, a partir de ello, proponer un conjunto de actividades adaptadas a cada zona. No se emplearon pruebas estadísticas, sino una argumentación basada en la convergencia de evidencias científicas y la realidad local.

RESULTADOS

Los principales hallazgos claves de esta investigación se resumen en la (Tabla 1), organizados por categorías temáticas, resultado de la selección de 24 artículos científicos.

Tabla 1. Principales hallazgos claves, organizados por categorías temáticas, resultado de la selección de 24 artículos científicos.
Table 1. Main key findings, organized by thematic categories, resulting from the selection of 24 scientific articles.

Palabras clave	Artículos científicos citados
Aptitud de suelos	(CENICAFÉ, 2020, PAJA CALAMBAS <i>et al.</i> 2024, LÓPEZ CARMONA <i>et al.</i> 2021)
Prácticas de conservación y manejo del suelo	(FAO, 2018, LÓPEZ y ZELEDÓN 2016, CAPRILE <i>et al.</i> , 2017, GUARAT, 2007, VÁZQUEZ, 2011, SALAZAR GUTIÉRREZ <i>et al.</i> 2024, HARVEY <i>et al.</i> , 2005, ZURIA Y GATES, 2006, MORALES y MARTÍNEZ, 2000 y FARFÁN, 2012)
Manejo agroecológico nutricional en el cultivo de (<i>Coffea arabica</i> L.).	(ALÚMINA, 2012, LARIOS <i>et al.</i> 2014, CONTRERAS <i>et al.</i> , 2019, GARCÍA ZAVALA <i>et al.</i> 2025, CANSECO MARTÍNEZ <i>et al.</i> 2020, SÁNCHEZ ESMORIS <i>et al.</i> 2011, HIMANEN Y HÄNNINEN, 2011), NAVARRO, 2023, FAO, 2011, GARCÍA MORENO, 2025, LÓPEZ BÁEZ <i>et al.</i> 2018).

Aptitud de suelos para el cultivo de *Coffea arabica* L.

Según Cenicafé, (2020) un pH optimo del suelo para una buena plantación y producción de café (*Coffea arabica* L.) debe tener entre 5 y 5.5. Los terrenos tienen que estar sueltos y una profundidad considerable, evitando así el incremento de la dificultad de penetración radicular. La textura del terreno puede variar, sin embargo, es importante evitar bajo todo aspecto el ocasionamiento de encharcamientos.

El estudio realizado por Paja Calambas *et al.* (2024) en el municipio de Piendamó Cauca les permitió llegar a la determinación de la aptitud del suelo con fines agrícolas como la siembra del cultivo de café donde los resultado

obtenidos fueron significativos ya que permitirán mejorar las actividades agrícolas que llevarán a obtener mejores resultados en la calidad de la producción del cultivo de café además de poder contribuir en mejoras al ecosistema y que a futuro no se puedan presentar un impacto negativo por la sobre explotación de los recursos minerales como lo es el suelo y el agua.

Por otra parte, López Carmona *et al.* (2021) determinaron que las tierras aptas para el cultivo del café en zonas con información escasa: análisis espacial del territorio y conocimiento local en la Mixteca Alta, del estado de Oaxaca considerando el conocimiento local y sistemas de información geográfica, tienen suelos profundos con texturas franco-arcillo-arenosas y un espesor de hojarasca promedio de 5 cm, considerándolas aptas para el cultivo del café (*Coffea arabica* L.).

Prácticas de conservación y manejo del suelo para el cultivo de (*Coffea arabica* L.)

Uno de los pilares fundamentales en la planificación territorial y agrícola es el uso del suelo conforme a su vocación natural. Esta vocación se determina según las condiciones biofísicas del terreno, tales como su textura, pendiente, fertilidad, capacidad de retención de agua, entre otras características. Adoptar prácticas que respeten la vocación del suelo permite conservar sus propiedades físicas a largo plazo, minimizar procesos de degradación como la erosión, y mantener un drenaje natural eficiente. Este enfoque favorece tanto la productividad agrícola como la sostenibilidad ambiental. Para identificar la vocación del suelo en diferentes regiones, se puede consultar el portal del IGAC, el cual ofrece información técnica detallada que facilita la toma de decisiones responsables sobre el uso y manejo del suelo (FAO, 2018).

Conservación de fuentes de agua y recuperación de áreas erosionadas

Trichanthera gigantea ha sido utilizado por los campesinos en la protección de nacimientos y corrientes de agua y en la actualidad es una de las especies con mayor promoción para recuperar cuencas hidrográficas (LÓPEZ y ZELEDÓN 2016).

Drenajes

El drenaje, proceso de eliminar el exceso de agua del suelo para mantener las condiciones de aireación y actividad biológica necesarias para los procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento de las raíces. Esto asegura una expansión profunda, mejor soporte mecánico y disponibilidad de agua y nutrientes. El propósito del drenaje es mantener el equilibrio de sales del suelo y evitar que las plantas rieguen a través del agua consumida (CAPRILE *et al.*, 2017).

Terrazas

Las terrazas son estructuras en forma de escalones construidas en terrenos con pendientes pronunciadas. Cada nivel está delimitado por muros o bordes, los cuales pueden ser reforzados con vegetación como enredaderas, que ayudan a estabilizar el suelo y prevenir procesos erosivos. Este sistema transforma superficies inclinadas en áreas de cultivo horizontales, lo que permite cortar la pendiente natural del terreno, reducir la velocidad de escurrimiento del agua y controlar la erosión laminar. Además, contribuye a mejorar la eficiencia del drenaje, conservar la humedad del suelo y aprovechar mejor los recursos hídricos disponibles en zonas de cultivo (FAO, 2018).

Barreras vivas

La barrera viva es una práctica que ayuda a la conservación del suelo y del agua en la parcela. Las barreras vivas son cultivos que se siembran en curvas a nivel, principalmente en las laderas, con el propósito de controlar la erosión. Poseen la característica de que se manejan tupidas en los surcos, con alta densidad; por este motivo actúan como barreras.

Importancia de las barreras vivas: Las barreras vivas o vegetativas retienen la tierra que arrastra el agua, dejando pasar solamente el agua que corre. Las barreras son multiuso porque proporcionan beneficios en pastos, leña, alimento para animales y humanos y funcionan para el mejoramiento del suelo. Evita, a largo plazo, la pérdida de fertilidad de los suelos. Los beneficios de estas son muy amplios ya que si las implementamos en ladera disminuyen la velocidad de las lluvias, que consigo traen menores pérdidas de suelo, las cuales pueden ser aprovechadas ya que se forman terrazas, son multiusos porque estas barreras proporcionan forraje para bovinos, leña, postes y ante todo ayudan a mejoramiento del suelo (VÁZQUEZ, 2011) citado por FAO, (2018).

Tranques, barreras vivas y terrazas

Guarat *et al.* (2007) en la provincia de Guantánamo construyeron 11 terrazas continuas, 16 tranques, y barreras vivas para conservar el suelo. Trabajaron sobre un diseño de parcelas divididas, evaluando el suelo acumulado en las terrazas, tranques y barreras vivas, se beneficiaron 2,5 hectáreas lográndose retener volúmenes de suelos de 7,0 m³ en barreras vivas, 2,2 m³ en los tranques y 5,3 m³ en las terrazas; para el beneficio de la comunidad cooperativa obtuvieron una producción adicional entre las terrazas y los tranques utilizados de 110 qq. de ñame y plátanos frutas y 150 qq. de malanga, lográndose una ganancia de 2 676,69 pesos. Se elevó la cultura agraria de sus cooperativistas basado en soluciones teórico-prácticas desarrolladas por un grupo de especialistas, investigadores del Centro de Desarrollo de la Montaña y estudiantes de quinto año de la carrera de Agronomía.

Coberturas vivas

Salazar Gutiérrez *et al.* (2024) consideraron que una buena alternativa para proteger el suelo es el establecimiento de arvenses nobles con menores labores en su implementación en el cultivo. El maní forrajero y el amor seco son viables como coberturas en el cultivo de café. El maní forrajero se destaca por su mejor adaptación y ser tolerado en el plato del árbol, mientras que el amor seco es una alternativa para las calles del cultivo, favorece la reducción del aluminio y el aporte de K, si se aplica como mantillo en el plato del café. Las arvenses nobles y las coberturas leguminosas no afectan la producción del café, a excepción del amor seco cuando creció como cobertura viva en los platos del cultivo, no obstante, en las calles este es una buena opción. Las arvenses nobles y el maní forrajero pueden crecer en los platos, pese a eso, siempre es necesario hacer un manejo oportuno, realizando cortes manuales, evitando que estas coberturas en el plato sobrepasen los 15 cm de altura y no cubran las ramas inferiores del café.

Cercas vivas

Las cercas vivas se definen como elementos lineales divisorios arbolados que separan áreas de pasturas, áreas de cultivos y algunos parches de bosques (HARVEY *et al.*, 2005). Las cercas vivas, estructuras dominantes en paisajes agrícolas, son denominadas también rompevientos, bordes o terrazas, dependiendo de su estructura y función (ZURIA y GATES, 2006).

La presencia de árboles y arbustos en el nivel del suelo favorece la estructura edáfica y enriquece su nutrición mediante el aporte de materia orgánica y la retención de humedad. En conjunto, las cercas vivas no sólo sirven como elementos de control físico, sino que también fortalecen la resiliencia del agroecosistema al integrar servicios ambientales clave (FAO, 2018).

Rotación de cultivos

La rotación de cultivos se fundamenta en la alternancia estratégica entre especies que generan altos volúmenes de residuos y aquellas con menor producción de biomasa residual, con el objetivo de promover la eficiencia en el reciclaje de nutrientes. Según el enfoque propuesto por Morales y Martínez, (2000) citado por FAO, (2018), los cultivos pueden agruparse en cuatro categorías que facilitan dicha optimización: el Grupo I incluye los cultivos principales como maíz, papa, sorgo, ajonjolí; el Grupo II comprende los granos como avena, arroz, cebada, trigo y amaranta; el Grupo III está conformado por especies forrajeras como praderas, ovinos y guinea; mientras que el Grupo IV abarca cultivos diversos o mejoradores, tales como alfalfa, garbanzo, alverja, habichuela, frijol, soya y tréboles. Esta clasificación permite diseñar sistemas de rotación equilibrados que favorecen la salud del suelo y la sostenibilidad agrícola.

Cortinas rompevientos

Especies maderables como leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.), caoba (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.) y cedro (*Cedrela odorata* L.), además de proporcionar sombra, pueden ser aprovechadas para generar ingresos económicos familiares. Estas son usadas para la protección de cultivos y animales, incluso donde la agricultura es intensiva. Además de jugar un papel protector, los árboles empleados como cortinas rompevientos producen madera, abono verde, leña y frutos y conservan el suelo. Las barreras rompevientos están constituidas por una o varias hileras de árboles (FARFÁN, 2012). También pueden ser utilizadas estas especies en las cercas perimetrales de cada sistema productivo cafetalero.

Manejo agroecológico nutricional en el cultivo de (*Coffea arabica* L.)

Fertilización

La fertilización representa un proceso esencial en el manejo del suelo, ya que consiste en incorporar abonos para aportar nutrientes fundamentales al crecimiento de las plantas y asegurar una producción agrícola óptima. En el caso de los abonos orgánicos, su preparación puede realizarse a partir de una amplia variedad de materiales orgánicos, entre los que se destacan: estiércoles descompuestos de origen animal, insumos derivados de la lombricultura, y compost elaborado a partir de residuos vegetales como la pulpa del café, tallos de plátano, cascarillas, hojarascas, entre otros. Este enfoque no sólo mejora la nutrición del cultivo, sino que también contribuye a la salud y sostenibilidad del suelo mediante el incremento de su materia orgánica y actividad biológica. (ALÚMINA, 2012).

La aplicación de prácticas agroecológicas en el cultivo de *Coffea arabica* L. adquiere gran relevancia por su papel en el fortalecimiento, mantenimiento y mejora de la fertilidad de los suelos. Este enfoque permite un manejo sostenible del cultivo, tal como lo señalan Larios *et al.* (2014) citados por Contreras *et al.*, (2019). Las distintas estrategias que promueve la agroecología contribuyen a reducir la vulnerabilidad del suelo y a conservar recursos naturales como el agua, el suelo y los ecosistemas forestales. La adopción de estas prácticas da lugar a agroecosistemas más resilientes y con mayor capacidad de sostener la producción en el tiempo.

García Zavaleta *et al.* (2025) demuestran que el rendimiento en la producción del café Arabica está estrechamente vinculada a una serie de factores ambientales y agronómicos, lo que resalta la importancia de implementar prácticas preventivas. Variables como el tipo de fertilizante utilizado, su frecuencia de aplicación, la monitorización de la temperatura y la humedad, así como el control de plagas y enfermedades, han mostrado obtener resultados favorables en la productividad durante la cosecha del cultivo. Se encontró que la frecuencia de fertilización afecta significativamente la salud de las plantas al mejorar su capacidad para resistir plagas y enfermedades.

Abonos orgánicos

Canseco Martínez *et al.* (2020) en su estudio evaluaron Lombricomposta (L), Natur-abono® (Na), Bio-Orgamin (Bo) y guano de murciélago (Gm). Los biofertilizantes fueron a base de *Azotobacter* sp. (Az) y *Glomus cubense* (Gc). Además de sus combinaciones y un testigo (T), para un total de 17 tratamientos. Los datos se sometieron a un análisis de varianza y pruebas Tukey. Las variables evaluadas fueron altura de la planta (Ap), diámetro del tallo (Dt), índice de esbeltez (IE) y número de nudos (Nn). Los cafetos respondieron positivamente a los abonos orgánicos y biofertilizantes, obteniendo diferencias significativas entre tratamientos con un nivel de significancia ($p \leq 0.05$), para Ap, con la combinación de Gm+L+Gc se obtuvieron alturas de 216 cm. Para Dt, el T mostró el mayor valor con 3.16 cm. En cuanto a Nn, la combinación de Gm+L+Gc generó mayor número con 56.33 nudos. El uso de abonos orgánicos y biofertilizantes en combinación es indispensable para el buen crecimiento de los cafetos en plantaciones renovadas.

Abonos verdes

De acuerdo con la FAO, (2018), los abonos verdes presentan ventajas significativas: conservación de la humedad y reducción de la evaporación, Protección contra la erosión del suelo, supresión natural de malezas, recuperación de suelos degradados mediante el aporte de materia orgánica, disminución del impacto de plagas al interrumpir sus ciclos biológicos y reducción de residuos tóxicos causados por el uso intensivo de agroquímicos.

Sánchez Esmoris *et al.* (2011) al evaluar el manejo de los abonos verdes en la producción de posturas micorrizadas de café sobre suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados. Encontraron las mayores producciones de masa seca y extracciones de N, P y K con el sorgo, seguida por la crotalaria. Si bien los abonos verdes incrementaron ligeramente la micorrización nativa de las posturas, siempre se encontró una significativa respuesta del café a la inoculación micorrízica en presencia de cualesquiera de los sustratos con abonos verdes incorporados (SAV); no obstante en este tipo de suelo la utilización conjunta de los abonos verdes y la inoculación micorrízica del café no lograron de por sí garantizar un óptimo crecimiento de las posturas, siendo necesaria la adición de cantidades complementarias de humus de lombriz en relación 7/1 sobre el sorgo incorporado, así como la inoculación de las posturas para obtener una micorrización efectiva y posturas vigorosas de café.

Compost

El compostaje es considerado como una forma adecuada para el reciclaje de este tipo de residuos, ya que ayuda a resolver el problema de su eliminación, a reducir las emisiones de gases efecto invernadero y también dar lugar al compost, que funciona como un agente mejorador de suelos. Este producto final puede ser utilizado para fines agrícolas y sobre todo para recuperar los suelos degradados en zonas semiáridas, debido a que su incorporación al suelo en condiciones adecuadas aumenta la fertilidad (HIMANEN y HÄNNINEN, 2011).

Navarro, (2023) en su estudio de compostaje de la pulpa de café considera que el objetivo de su elaboración es la reducción de compuestos orgánicos complejos para obtener de ellos materiales sencillos que puedan ser absorbidos por las plantas y los microorganismos. Es decir, si la pulpa es compostada correctamente, la podemos aprovechar como un nutritivo abono para el cafetal. Es muy importante, tener claro que son consorcios de microorganismos como hongos, bacterias y levaduras los responsables de la transformación bioquímica y una parte importante de estos son aeróbicos, por lo tanto, la aireación es un factor crítico para el éxito del compostaje. El tiempo que lleve un proceso de compostaje estará ligado a la aireación o movimiento que se le dé a al material.

También considera que el compost está listo para usarse cuando se observa que el material está totalmente descompuesto, oscuro, con agradable aroma a tierra fértil, pH en un rango entre 6.5 a 7.5 y que la temperatura ha descendido a menos de 35°C. Todo el proceso puede llevar desde unos 15 días hasta varios meses, como se mencionó anteriormente, la duración del proceso depende del manejo y calidad de los materiales. El compost puede aplicarse en el cafetal al inicio de la estación lluviosa, alrededor de 1 a 2 kg por planta en forma circular. También el compost se puede emplear en la mezcla para viveros en una relación de 1 parte de compost y 3 partes de suelo, o bien se puede cernir para eliminar piedras, colocar en sacos y comercializar el producto. Si se almacena debe estar protegido de la lluvia y el sol directo no más de 6 meses.

Bocashi

Bocashi proviene del idioma japonés, él es un abono rico en nutrientes, el cual se obtiene en el proceso de la fermentación de materiales que contienen elementos menores y mayores, elaborando un abono óptimo y completo para los cultivos, su principal función es aportar material orgánico al suelo y con ayuda de los microorganismos que este contiene proporcionaran los minerales necesarios para que sean utilizados por la planta (FAO, 2011).

Los resultados de García Moreno *et al.* (2025) mostraron diferencia significativa en el rendimiento a medida que se incrementó la dosis de bocashi, alcanzando una diferencia de hasta 0.47 t ha⁻¹ respecto al testigo cuando se aplicaron 9 kg árbol⁻¹. Así mismo, el largo y ancho del fruto mejoraron significativamente en cada tratamiento.

Encalado

El encalado es una enmienda química donde su principal objetivo es aumentar el pH del suelo, fortalece los elementos bases del suelo como potasio K, calcio Ca y magnesio Mg, proporciona mejor drenaje y estructura al suelo, además de nutricional las plantas. Teniendo en cuenta los análisis de suelos obtenidos se recomienda para ambos sistemas productivos. López Báez *et al.* (2018) al estudiar el efecto del encalado y fertilización química en plantas de café establecidas, se presentó diferencia estadística altamente significativa ($P \leq 0.01$) para altura de plantas y ausencia de significancia (n.s.) para el diámetro de tallo. La aplicación de cal demostró que las condiciones de acidez en el suelo, al afectar el crecimiento normal de las raíces; limita la absorción de nutrientes, el desarrollo de la parte aérea de las plantas y el rendimiento de grano café. También se evidenció, el efecto que tiene la fertilización nitrogenada en el aumento de la acidez y la limitada eficiencia que tienen los fertilizantes aplicados en un suelo con problema de acidez.

Caracterización de cada zona cafetalera

"La Cidra"

La zona cafetalera de La Cidra se encuentra a 22°39'54" de latitud norte y 83°32'45" de longitud oeste, a una altitud de 142 msnm. Se caracteriza por un modelo de producción tradicional en el que 16 productores en usufructo

gestionan 36 hectáreas, con dependencia de insumos químicos (pesticidas e insecticidas) y ausencia total de abonos orgánicos y controles biológicos de plagas y enfermedades debido a que en la Empresa Café La Palma su Centro de Reproducción de Entomófagos y Entomopatógenos no está funcionando (Cairo *et al.*, 2024). Destacar como una particularidad que los productores aún mantienen las percepciones de las soluciones de sus problemas a través de los sistemas convencionales. Las prácticas agrotécnicas (regulación de sombra, poda, chapea, deshije, saneamiento de los frutos y resiembra) se ejecutan, pero la erosión hídrica en pendientes medias avanza debido al mantenimiento insuficiente de barreras de vetiver y la fragilidad natural de los suelos Ferralíticos Amarillentos Lixiviados con perfil ABtC con actividad biológica y presencia de (hormigas, babosas y lombrices), profundo con un horizonte B de transición muy semejante al horizonte A pero con la diferencia de la presencia de partículas con contenidos de hierro que responden al proceso de formación Ferralitización, además del alto riesgo a los procesos de la degradación. Pese a esto, la presencia de mogotes enriquece la biodiversidad local, ofreciendo una oportunidad clave para transitar hacia la agroecología, potenciando así la resiliencia y valor de mercado del café.

"Pueblo Nuevo"

La zona cafetalera de Pueblo Nuevo se encuentra a 22°40'33" de latitud norte y 83°33'43" de longitud oeste, a una altitud de 161.29 msnm, perteneciente a la UBPC El Llano. Laboran en ella 6 obreros en un total de 9 hectáreas bajo un manejo tradicional que depende exclusivamente de insumos químicos (pesticidas e insecticidas), sin aplicar prácticas como compost o abonos orgánicos. Los suelos del tipo Ferralíticos Rojos Lixiviados con perfil AB₁B₂ apreciando en el horizonte diagnóstico presencias de macros organismos (hormigas y lombrices), profundos y con estructura granular mantienen una coloración roja en todos sus horizontes lo que indica la presencia de hierro y acidez. Su geomorfología es poco compleja caracterizada con pendientes bajas, carecen de barreras vivas o muertas para su conservación, lo que unido a las altas precipitaciones ha provocado procesos de erosión y arrastre de partículas. Presentan una baja diversidad de especies en las cercas vivas perimetrales, donde solo se utiliza la especie de piñón florido (*Gliricidia sepium* Jacq. Kunth). Las labores culturales incluyen poda, chapea, limpia manual, al hilo con uso de herbicidas. Destacan 3 hectáreas dedicadas a la producción de semillas para vivero, manejadas con un marco de plantación de 2 m de narigón por 1.5 m de camellón para optimizar el desarrollo de las plantas madres, todo lo cual evidencia un sistema vulnerable que prioriza la productividad inmediata sobre la sostenibilidad ambiental.

"El Micons"

El Micons se encuentra a 22°40'51" de latitud norte y 83°33'19" de longitud oeste, a una altitud de 143.75 msnm se caracteriza por un sistema de producción convencional basado en el uso de insumos químicos (pesticidas e insecticidas), donde 3 productores en usufructo gestionan 9 hectáreas. Aunque realizan labores agrotécnicas esenciales (poda, chapea y resiembra), no incorporan abonos orgánicos como compost o humus, limitando la salud del suelo a largo plazo. El área presenta suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados con perfil A, AB y B, se observó un horizonte de transición AB con características muy semejantes a los horizontes A y B, profundos, ácidos, pendientes bajas, donde las altas precipitaciones han provocado erosión hídrica, mitigada parcialmente con barreras vivas de vetiver. La biodiversidad se enriquece por la presencia de mogotes y cercas perimetrales densamente pobladas que funcionan como cortinas rompevientos y contribuyen a la conservación del suelo, ofreciendo una base sólida para transitar hacia un modelo agroecológico que potencie la sostenibilidad y resiliencia del cultivo.

"La Loma"

Se encuentra a 22°41'03" de latitud norte y 83°31'23" de longitud oeste, a una altitud de 158.8 msnm. Esta área de 97.3 hectáreas, solo 46 ha se mantienen en producción cafetalera debido a la limitada fuerza de trabajo disponible, mientras que el resto del terreno ha sido reclamado por un bosque secundario que enriquece significativamente la biodiversidad local con una gran variedad de especies vegetales; para conservar su suelo, la formación de estos suelos tiene por particularidad su compleja Geomorfología formados en pendientes que oscilan entre 15 y 30 %, lo que los hace muy susceptibles a procesos de degradación (erosión hídrica), con una formación de Ferralitización del tipo Ferralítico Rojo Lixiviado, estos suelos se caracterizan por un horizonte A poco profundo y un perfil A, B₁, B₂, el sistema productivo incorpora un conjunto integral de prácticas que responden a un ecosistema montañoso: tranques de retención, cobertura viva de vetiver y drenajes, complementadas con un manejo agrosilvopastoril que integra la cría de carneros y chivos para el control de malezas y la fertilización orgánica, la cual se realiza mediante una estrategia mixta que combina la producción propia de humus de lombriz con la aplicación de biotierra.

"La Caoba"

Se encuentra a 22°41'53" de latitud norte y 83°31'33" de longitud oeste, a una altitud de 212.9 msnm. Se caracteriza por sus 100 ha de terreno, de las cuales solo 25.5 ha están bajo producción activa debido a la limitada disponibilidad de mano de obra, permitiendo que el resto del área se haya convertido en un bosque secundario que enriquece la biodiversidad local. Presenta una pendiente alta del municipio, lo que ha motivado la implementación de prácticas de conservación de suelos como tranques, cobertura viva con vetiver y drenajes. Sus suelos son del tipo Ferralítico Amarillento Lixiviado que por su compleja formación (pendientes que pueden alcanzar hasta un 35%), son suelos con mediana afectación de procesos de erosión hídrica que se puede apreciar en su perfil A muy poco profundo de color amarillo menos intenso lo que indica una disminución de su fertilidad natural, un perfil Bt en transición y un horizonte C. el manejo agrícola incluye fertilización química, limpiezas manuales al hilo, resiembras de plantas fallidas y control de arvenses con herbicidas, aunque no se emplean abonos orgánicos ni control biológico de plagas y enfermedades, reflejando un modelo productivo tradicional con potencial para transitar hacia prácticas más sostenibles.

"Caiguanabo"

Esta zona cafetalera se encuentra a 22°40'07" de latitud norte y 83°29'44" de longitud oeste, a una altitud de 122.56 msnm. Se caracteriza por ser un paisaje de pequeña escala, con 33 usufructuarios cultivando 71 hectáreas de café en plena producción con una edad de 12 años, donde coexisten prácticas mixtas que combinan abonos orgánicos como compost y humus. Sin embargo, este sistema productivo enfrenta un desafío crítico de sostenibilidad: la presencia de una pendiente media (puede llegar 20%) y la presencia de la Cuenca del río San Diego que caracteriza los suelos del tipo Fluvial con un perfil ABC, bien estructurados, con buen drenaje, pero con la influencia de las aguas fluviales de río que puede producir erosión hídrica del tipo laminar, unido a la falta de un sistema de manejos conservacionista (barreras vivas o muertas y de coberturas vegetales), provoca una mayor magnitud de los procesos erosivos del suelo que puede reducir la actividad biológica, observada por la menor presencia de macroorganismos (hormigas, babosas y lombrices), también se observaron suelos del tipo Ferralíticos Rojos Lixiviados con perfil A, AB y B, se visualizó un horizonte de transición AB con características muy semejantes a los horizontes A y B, son profundos y con estructura granular, mantienen una coloración roja en todos sus horizontes lo que indica la presencia de hierro y acidez. Este contraste se matiza por un entorno ambientalmente favorable, donde la biodiversidad se ve enriquecida por cercas

vivas perimetrales de especies diversas y por la presencia clave de mogotes que actúan como refugios de fauna, ofreciendo una base potencial para transitar hacia un modelo agroecológico que corrija las deficiencias de conservación actuales.

DISCUSIÓN

Las seis zonas cafetaleras del municipio La Palma con el robusto marco teórico de prácticas agroecológicas validadas científicamente e internacionalmente, revela una profunda dicotomía entre el inmenso potencial agroecológico del territorio y las prácticas de manejo tradicionales que actualmente dominan el paisaje productivo. Esta contradicción se manifiesta con particular crudeza al analizar la vulnerabilidad de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados, Ferralíticos Amarillentos Lixiviados y Fluviales, propios de la región, los cuales, por sus características intrínsecas de baja Capacidad de Intercambio Catiónico y acidez natural, son extremadamente sensibles a los procesos de degradación. Las altas precipitaciones del área (1854 mm anuales, con un 74.9% concentrado en la estación lluviosa) actúan como un detonante de erosión hídrica que se ve potenciado de manera crítica por la predominancia de pendientes medias y altas, especialmente en zonas como La Cidra y La Caoba. En este contexto, la aplicación aislada e insuficiente de prácticas conservacionistas, como el uso parcial de abonos orgánicos en Caiguanabo o las barreras de vetiver en El Micons, se revela como un paliativo insuficiente frente a un problema estructural de magnitud territorial.

La evidencia recopilada de autores como Guarat *et al.* (2007) y la FAO, (2018) es contundente: solo la implementación de sistemas integrados de conservación de suelos donde terrazas, tranques y barreras vivas funcionen de manera sinérgica logra retener volúmenes significativos de suelo (hasta 7,0 m³ en barreras vivas y 5,3 m³ en terrazas, según el estudio citado) y generar beneficios productivos tangibles. La ausencia casi total de estas estructuras en zonas de pendiente media como Pueblo Nuevo y Caiguanabo representa no solo una amenaza inmediata de pérdida de la capa fértil, sino también una oportunidad desaprovechada para estabilizar la producción a largo plazo. De manera paralela, la subutilización de las coberturas vivas constituye otra gran omisión en el manejo actual. Los hallazgos de Salazar Gutiérrez *et al.* (2024) son aleccionadores: el maní forrajero y el amor seco no solo no compiten con el café, sino que mejoran las propiedades del suelo (reducción de aluminio, aporte de potasio) y protegen contra la erosión. La resistencia que incorporarlas, posiblemente por paradigmas culturales sobre el "control de malezas", impide aprovechar una solución de bajo costo y alto impacto.

El modelo de fertilización predominante, basado en la dependencia de insumos con la excepción parcial de Caiguanabo y el sistema agro-silvo-pastoril de La Loma no toman en cuenta por completo el potencial demostrado de los abonos orgánicos. Los trabajos de Canseco Martínez *et al.* (2020) muestran cómo combinaciones de lombricomposta, guano y biofertilizantes mejoran significativamente variables clave como la altura de la planta (216 cm) y el número de nudos (56.33). Asimismo, las técnicas de compostaje de la pulpa de café, descritas por Navarro, (2023), y la elaboración de bocashi representan una vía circular para convertir un residuo del beneficio del grano en un insumo valioso, cerrando ciclos de nutrientes dentro de la propia finca. La persistencia de un manejo tradicional, a pesar de esta evidencia, sugiere la existencia de barreras que trascienden lo técnico, adentrándose en lo socioeconómico y lo cultural, como posiblemente la accesibilidad a insumos, la tradición productiva o la percepción de riesgo ante el cambio.

El elemento quizás más paradójico lo constituye el capital ecológico subutilizado. Las zonas estudiadas, en especial Caiguanabo y El Micons, cuentan con un valioso patrimonio de biodiversidad asociado a mogotes y cercas

vivas diversificadas. Estos elementos, según Harvey *et al.* (2005); Zuria y Gates, (2006), funcionan como corredores biológicos y refugios para fauna benéfica, constituyendo la base ideal para implementar estrategias de control biológico de plagas y fortalecer la resiliencia del agroecosistema. Sin embargo, este potencial permanece en gran medida latente, sin ser integrado de manera consciente y planificada en las estrategias de manejo.

Un ejemplo vivo de cómo poner en práctica esta propuesta agroecológica de manejo de suelos para el cultivo del cafeto se evidencia en zonas cafeteras peruanas donde estas prácticas se les clasifica como culturales, al tener una crisis económica donde es difícil acceder a los diferentes créditos bancarios por parte de los pequeños productores y que no podían acceder a fertilización química ni tampoco el uso de agroquímicos, ellos iniciaron las producciones con el uso de abonos orgánicos, biofertilizantes, utilizando estrategias del cuidado del suelo, de enemigos naturales donde la producción es totalmente manual y el secado es al sol, permitió tener producciones de café orgánico sostenible, en el 2018 Prom Perú una estrategia donde su objetivo era promocionar la marca cafés del Perú, café con marca propia, tradición, origen y especialidad, permitió que los pequeños caficultores los cuales producían café orgánico, posicionaran al café como un café de alta calidad. (JUNTA NACIONAL DEL CAFÉ, 2022).

La transición hacia una caficultura verdaderamente sostenible requiere superar el enfoque fragmentario actual por uno sistémico y escalonado. La corrección de la acidez mediante encalado, la implementación urgente de infraestructuras de conservación, la adopción masiva de coberturas y abonos orgánicos, y la valoración del capital natural existente deben articularse en una estrategia coherente. Esta transformación, además de técnica, debe ser social, requiriendo de procesos de capacitación, acompañamiento y construcción de confianza con los productores, para que la agroecología deje de ser una alternativa teórica y se convierta en la práctica predominante que garantice la productividad y la conservación del recurso suelo para las futuras generaciones.

CONCLUSIONES

- La sostenibilidad de los suelos Ferralíticos y Fluvial en las seis zonas cafetaleras de La Palma, dependen críticamente de la sinergia entre prácticas estructurales y biológicas. Se establece que las barreras antierosivas por sí solas son insuficientes; el control efectivo de la erosión hídrica requiere sistemas integrados que funcionen de manera complementaria, un principio técnico que debe aplicarse de forma diferenciada según el tipo de pendiente y suelo en cada zona.
- La transición hacia la agroecología no es una alternativa, sino una necesidad técnica sustentada en la evidencia de que la combinación de abonos orgánicos locales con coberturas vivas específicas para café constituye una vía para mejorar la fertilidad de estos suelos de baja CIC, cerrar ciclos de nutrientes y construir resiliencia climática.

ÉTICA Y CONFLICTO DE INTERESES

Las personas autores del manuscrito en cuestión, declaran que han cumplido totalmente con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en la producción del manuscrito; que no hay conflictos de intereses de ningún tipo; que todas las fuentes financieras que se mencionan completa y claramente en la sección de agradecimientos; y que están totalmente de acuerdo con la versión final editada del artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altieri, M. A. and Nicholls, C. I. (1999). Biodiversity, ecosystem function and insect pest management in agricultural systems. In: Biodiversity in Agroecosystems. Collins WW & CO Qualset (Eds.) CRC Press, Boca Raton.
- Altieri, M. Á. y Nicholls, C. I. (2012). Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica. *Agroecología*, 7(2), 65-83. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/182861>.
- Alumina C, M. (2012). Alternativas agroecológicas para el manejo del café. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3251/1/TESIS>.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Atiyeh, R., & Metzger, J. D. (2004). Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource Technology*, 93(2), 139-144.
- Cairo Sosa, Y., Gallardo Rodríguez, R., Crespo Palomino, Y., Díaz Rivera, J. R. y Hernández Sosa, Y. (2024). Caracterización rápida de biodiversidad de una finca cafetalera en La Cidra, Valle San Andrés. *Revista ECOVIDA*. 14 (3), 190-199.
- [Canseco Martínez, D A., Villegas Aparicio, Y., Castañeda Hidalgo, E., Carrillo Rodríguez, J. C., Robles, C. y Santiago Martínez, J. M. \(2020\). Respuesta de *Coffea arabica* L. a la aplicación de abonos orgánicos y biofertilizantes. Revista Mexicana Ciencias Agrícolas. 11 \(6\), 1285-1298.](#)
- Caprile, A. C., Aparicio, V. C., Portela, S. I., Sasal, M. C., & Andriulo, A. E. (2017). Drenaje y transporte vertical de herbicidas en dos molisoles de la pampa ondulada Argentina. *Revista Ciencia Del Suelo*, 35(1), 147–159.
- Cenicafé. (2020). Corrección De La Acidez Del Suelo. Obtenido de https://www.cenicafe.org/es/publications/2-CorreccionAcidez_%281%29.pdf
- Contreras Cruz, A., Sánchez Morales, P., Romero Arenas, O., Rivera Tapia, J. A., Ocampo Fletes, I., y Parraguirre Lezama, J. F. C. (2019). Prácticas agroecológicas y su influencia en la fertilidad del suelo en la región cafetalera de Xolotla, Puebla. *Acta Universitaria* 29, e1864. doi. <http://doi.org/10.15174.au.2019.1864>.
- Decreto-Ley No. 358 de 2018. Sobre la entrega de tierras estatales ociosas en usufructo. 7 de agosto de 2018. GOC2018-504-EX39.
- FAO (2011). Elaboración y uso del bocashi. Ministerios de agricultura y ganadería. <https://www.fao.org/3/at788s/at788s.pdf>
- FAO, (2018). Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales. 1-144. <https://www.fao.org/3/i8864es/i8864ES.pdf>
- Farfán, F. y Robledo, Á. (2009). Sombrío para el Cultivo del Café según la Nubosidad de la región. En: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia – FNC y Centro de Investigaciones en café - Cenicafé. Avance técnico 379 Programa de investigación científica Cenicafé. Bogotá, Colombia.
- García Moreno, A., Sánchez Lucio, R., Reyes-Carrillo, J. L., García-Hernández, J. L. Nava Camberos, U., Cano Ríos, C. (2025). Evaluación del uso de bocashi en la productividad y rentabilidad en el cultivo de café. *Ecosist. Recur. Agropec.* 12(2), 1-14. <https://doi.org/10.19136/era.a12n1.4572>

- García Zavaleta, J., Quintero Fuentes, M., Bautista Sánchez, R. y Mendoza Loyo, O., (2025). Factores agronómicos en el cultivo y producción de café arabica en Zongolica, Veracruz. Digital Publisher CEIT, 10(1), 652-667, <https://doi.org/10.33386/593dp.2025.1.2848>
- Gliessman, S. R. (2013). Agroecología: plantando las raíces de la resistencia. Agroecología, 8(2), 19-26. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/212151>.
- González, P. (2019). Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Asesoría Técnica Parlamentaria. https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf
- Guarat, R. F., Blanco, A., Breff, F. y Suárez, G. M. (2007). Técnicas sostenibles para el manejo y conservación del suelo en un ecosistema cafetalero. Centro Agrícola. 34(2), 63-68.
- Himanen M. and Hänninen, K. (2011). Composting of bio-waste, aerobic and anaerobic sludges - effect of feedstock on the process and quality of compost. Bioresearch Technology. Volume 102(3), 2842–2852.
- Harvey, C.A.; Villanueva, V.; Villacís, V.; Chacón, M.; Muñoz, D.; López, M.; Ibrahim, M.; Gómez, R.; Taylor, R.; Martínez, J.; Navas, A.; Sáenz, J.; Sánchez, D.; Medina, A.; Vilchez, S.; Hernández, B.; Pérez, A.; Ruiz, F.; López, F. y Lang, I. 2005. Contribution of live fences to the ecological integrity of agricultural landscapes in Central America. Agriculture, Ecosystems and Environment Journal. 111, 200-230.
- Hernández Jiménez, A., Pérez Jiménez, J. J., Bosch Infante, D., y Castro Speck, N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA. ISBN: 978-959- 7023-77-7. 91 p.
- Hernández Jiménez, A., Pérez Jiménez, J. M., Bosch Infante, D. y Castro Speck, N. (2019). La clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. Ediciones INCA. Revista Cultivos Tropicales, 40 (1), a15-e15.
- Jaramillo, S. (2024). La Agricultura Regenerativa: un nuevo enfoque para la producción sostenible de café en Colombia. Memorias Seminario Científico Imprenta. Cenicafé, 75(1), e750711_1. https://doi.org/10.38141/10795/750711_1
- Junta Nacional del café –JNC. (2022) Perú y Etiopía lideran producción mundial del café orgánico. <https://juntadelcafe.org.pe/peru-y-etipia-lideran-produccion-mundial-de-cafeorganico/>.
- Lal, R. (2020). Regenerative agriculture for food and climate. Journal of Soil and Water Conservation, 75(5), 123A–124A. <https://doi.org/10.2489/jswc.2020.0620A>
- López Báez, W., Urbina Hernández, L.H., Reynoso Santos, R. y Martínez Sánchez, J. (2018). Cultivado con café (Coffea arabica L.) en la reserva de la biósfera El Triunfo, Chiapas, México. Agroproductividad. 11(4), 55-60. <https://www.researchgate.net/publication/325905974>
- López Carmona D. A., Gallegos, A., Palma López, D. J., Martín Morales, G., Barragán Maravilla, M., Hernández Vallecillo, G. y Bautista, F. (2020). Selección de tierras para el cultivo de café en zonas con información escasa: análisis espacial del territorio y conocimiento local. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 8(1): e2419. DOI: 10.19136/era.a8n1.2419

- Mendoza Intriago, D. A., Mero Rosado, V. F. y Alcívar Arteaga, B. R. (2024). Influencia del humus de lombriz en la calidad de los suelos agrícolas: un estudio de caso. Revista Didáctica y Educación, 15 (3), 388-404.
<https://revistas.ult.edu.cu/index.php/didascalia>.
- Montenegro, D. H. C., Derian, L., y Parraga, Z. (2020). Evaluación técnica y económica del efecto de subsoleo en producción de maíz para ensilaje. Digital Zamorano, 29.
- Navarro, N. (2023). Compostaje de la pulpa de café. Anacafé.
<https://www.anacafe.org/uploads/file/7b99975ce9d0478db47df904a1282888/Boletin-Compostaje-Marzo-2023.pdf>
- Plasencia, T. A., Herrero, J. A., Renda, A., Zaldívar, A. y Escarré, A. (2020). Estación Hidrológico Forestal "Amistad" Antecedentes. Principales Resultados y Perspectivas. Editorial researchgate.
<https://www.researchgate.net/publication/345313145>.
- Restrepo J., Ángel D. y Prager M. (2000). Agroecología.
https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/Agroecologia.pdf
- Salazar Gutiérrez L. F., Arango Ramírez J.G., Morales Londoño, C. S., Rendón Sáenz J. R. (2024). Coberturas vivas en el cultivo del café. Una estrategia indispensable de la caficultura regenerativa. Cenicafé.
<https://doi.org/10.38141/10779/0568>.
- Sánchez Esmoris, C., Rivera Espinosa, R., Caballero Bencosme, D., Cupull Santana, R., González Fernández, C. y Urquiaga Caballero, S. (2011). Abonos verdes e inoculación micorrízica de posturas de cafeto sobre suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados. Cultivos Tropicales. 32 (3), 11-17.
- Soletto, M. y Tellez, J. (2007). Efecto de distintos porcentajes de humus de lombriz, Compost y suelo, como sustrato en la producción de plántulas de café (coffea arabica L) variedad caturra.
<https://repositorio.una.edu.ni/2020/1/tnf04s717.pdf>.
- Zuria, I. y Gates, J.E. 2006. Vegetated field margins in México: Their history, structure and function and management. Human Ecol. 34,53-77