

Efecto de prácticas agroecológicas en la conservación del suelo de la Zona de Reserva Campesina de San Isidro, Pradera, Valle del Cauca *

Sandra Patricia Montenegro-Gómez

Investigadora Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, Palmira – Colombia
sandra.montenegro@unad.edu.co  <https://orcid.org/0000-0003-0035-0089>

Libia Esperanza Nieto-Gómez

Docente Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD, Bogotá – Colombia
libia.nieto@unad.edu.co  <https://orcid.org/0000-0002-5042-7841>

Reinaldo Giraldo-Díaz

Docente Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD, Palmira – Colombia.
reinaldo.giraldo@unad.edu.co  <https://orcid.org/0000-0002-6221-9468>

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

Biodiversidad; mesofauna; agroecología; suelo; índices de diversidad

La biodiversidad del suelo está amenazada por cambios antropogénicos mundiales, como la intensificación del uso del suelo, la deforestación y fenómenos climáticos extremos. En esta investigación se identificó el estado de indicadores de respuesta biológica del suelo al manejo agroecológico de los sistemas de producción de Zona de Reserva Campesina de San Isidro, municipio de Pradera, Valle del Cauca, Colombia. Se tomaron muestras de la capa superior del suelo en múltiples sitios de cada sistema productivo. Se realizó análisis de textura del suelo, análisis de atributos químicos (pH, M.O., P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu, Zn y B), cuantificación microbiana y de mesofauna, y se analizaron indicadores de manejo agroecológico en cada uno de los 15 agroecosistemas. Se encontró que prevalece una labranza conservacionista y que entre las propiedades químicas del suelo que pueden mejorarse está el pH y que se debe fortalecer el manejo de materia orgánica. Se concluye que el actual manejo agroecológico realizado por la comunidad requiere incorporación de materia orgánica teniendo en cuenta la textura del suelo de cada agroecosistema para mejorar condiciones relacionadas con aireación, humedad y erosión del suelo. Se evidenciaron resultados promisorios en indicadores biológicos del suelo; sin embargo, se requieren esfuerzos adicionales para fortalecer su potencial ya que muchas propiedades evaluadas son el reflejo de múltiples procesos, por lo tanto, es necesario establecer vínculos directos entre la biodiversidad del suelo y la producción de cultivos para implementar las prácticas de gestión.

Recibido: 28/12/2021 Aceptado: 01/05/2022

* Este es un artículo Open Access bajo la licencia BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)

Cómo citar este artículo: MONTENEGRO-GÓMEZ, Sandra Patricia; NIETO-GÓMEZ, Libia Esperanza; GIRALDO-DÍAZ, Reinaldo. Efecto de prácticas agroecológicas en la conservación del suelo de la Zona de Reserva Campesina de San Isidro, Pradera, Valle del Cauca. *En*: Entramado. Julio - Diciembre, 2022 vol. 18, no. 2 p. 1-17 e-8002 <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.8002>



Effect of agroecological practices on soil conservation of the San Isidro Peasant Reserve Zone

ABSTRACT

KEYWORDS

Biodiversity; Mesofauna; Agroecology; Soil; Diversity Indexes

Soil biodiversity is threatened by global anthropogenic changes, such as intensification of land use, deforestation and extreme climatic events. This research identified the status of indicators of soil biological response to agroecological management of production systems in the San Isidro Peasant Reserve Zone, municipality of Pradera, Valle del Cauca, Colombia. Topsoil samples were taken from multiple sites in each production system. Soil texture analysis, chemical attribute analysis (pH, M.O., P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu, Zn and B), microbial and mesofauna quantification, and agroecological management indicators were analyzed in each of the 15 agroecosystems. It was found that conservation tillage prevails and that among the soil chemical properties that can be improved is pH and that organic matter management should be strengthened. It was concluded that the current agroecological management carried out by the community requires the incorporation of organic matter; taking into account the soil texture of each agroecosystem to improve conditions related to soil aeration, humidity and erosion. Promising results were evidenced in soil biological indicators; however, additional efforts are required to strengthen their potential since many properties evaluated are the reflection of multiple processes, therefore, it is necessary to establish direct links between soil biodiversity and crop production in order to implement management practices.

Efeito das práticas agroecológicas na conservação do solo na Zona de Reserva Camponesa de San Isidro, Pradera, Valle del Cauca

RESUMO

PALAVRAS-CHAVE

Biodiversidade; mesofauna; agroecologia; o solo; índices de diversidade

A biodiversidade do solo é ameaçada por mudanças antropogênicas globais, tais como intensificação do uso da terra, desmatamento e eventos climáticos extremos. Esta pesquisa identificou o status dos indicadores de resposta biológica do solo ao manejo agroecológico dos sistemas de produção na Zona de Reserva Camponesa de San Isidro, município de Pradera, Valle del Cauca, Colômbia. Amostras de solo superior foram coletadas de múltiplos locais em cada sistema de produção. Análise da textura do solo, análise de atributos químicos (pH, M.O., P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu, Zn e B), quantificação microbiana e mesofauna, e indicadores de manejo agroecológico foram analisados em cada um dos 15 agroecossistemas. Constatou-se que a lavoura de conservação prevalece e que entre as propriedades químicas do solo que podem ser melhoradas está o pH e que o manejo da matéria orgânica deve ser reforçado. Conclui-se que o atual manejo agroecológico realizado pela comunidade requer a incorporação de matéria orgânica, levando em conta a textura do solo de cada agroecossistema para melhorar as condições relacionadas à aeração, umidade e erosão do solo. Resultados promissores foram evidenciados nos indicadores biológicos do solo; entretanto, esforços adicionais são necessários para fortalecer seu potencial, já que muitas propriedades avaliadas são um reflexo de múltiplos processos, portanto, é necessário estabelecer vínculos diretos entre a biodiversidade do solo e a produção de culturas para implementar práticas de gestão.

I. Introducción

La biodiversidad del suelo está amenazada por cambios antropogénicos mundiales, como la intensificación del uso de la tierra, la deforestación y los fenómenos climáticos extremos (FAO *et al.*, 2020; Cortés, 2018). La gestión de la biodiversidad del suelo ofrece muchas oportunidades para abordar cuestiones sociales significativas, como la remediación ambiental de suelos y la producción adecuada de plantas y la calidad de los alimentos (Jernigan, Wickings, Mohler, Caldwell, Pelzer,

[Wayman, Ryan, 2020](#); [Dixon, Gulliver, Gibbon, 2001](#)). La conservación del suelo afecta la producción de alimentos, en tanto la comida de los pueblos está en manos de los agricultores de subsistencia ([Sánchez-Jiménez, Nieto-Gómez, Cabrera-Otálora, Panesso-Jiménez, Giraldo-Díaz, 2019](#); [Calderón-Medina et al., 2018](#)). Mientras que la agricultura industrializada a gran escala depende en gran medida de insumos externos - insumos, abonos y plaguicidas-, de la cadena de distribución y suministro y de las redes de comercio global, los agricultores de subsistencia se ven amenazados por el sistema agroalimentario industrial ([Altieri, Nicholls, 2020](#); [Almada, Iermanó, Sarandón, 2017](#), [Bravo, González, Ceballos, 2018](#)). La agricultura industrializada ha reducido la capacidad biológica de los suelos para autorregularse, haciéndolos vulnerables a las condiciones ambientales ([Vallejo-Cabrera, Salazar-Villarreal, Giraldo-Díaz, Victorino-Ramírez, 2020](#); [Ibáñez, 2007](#)). Conservar el suelo, también, tiene una relación directa con la producción de biomasa, especialmente madera, fibras y biocombustibles, que son los principales servicios de abastecimiento del suelo después de la producción de alimentos ([Frene, Gabbarini y Wall, 2018](#)). El uso de la madera, cultivos y residuos agrícolas aumentará en las próximas décadas para satisfacer las demandas de reducción de emisiones de gases efecto invernadero (GEI).

El suelo contiene las comunidades terrestres más diversas del planeta; alberga más del 25% de la diversidad biológica mundial; apoya la mayor parte de la vida sobre el suelo por medio de vínculos cada vez más comprendidos encima y debajo del suelo ([FAO, ITPS, GSBI, SCBD, EC, 2020](#); [FAO, 2019](#)). La biodiversidad del suelo puede ayudar a evitar, reducir e invertir la degradación de la tierra, mantener y mejorar el hábitat de las personas y otras formas de vida en la Tierra. Durante mucho tiempo, la biodiversidad del suelo ha sido adoptada como parte de la urgente necesidad de desarrollar un futuro más sostenible para todos ([Trendov, Varas, Zeng, 2019](#)).

La influencia de la biodiversidad del suelo en la protección del agua es compleja e importante ([Vallejo-Cabrera, Salazar-Villarreal, Giraldo-Díaz, 2021](#)). La vida en el suelo media el flujo de agua y regula el exceso de nutrientes y la contaminación. La contribución de los microorganismos del suelo suele ser indirecta y es el resultado de su impacto en la dinámica de la materia orgánica del suelo, que a su vez afecta a la agregación del suelo y a la dinámica de la porosidad; así como a la composición de la solución del suelo (cantidad de carbono orgánico disuelto y minerales). La biodiversidad del suelo tiene un impacto más directo en la salud humana al aumentar el contenido de nutrientes de los alimentos, proteger de enfermedades transmitidas por estos y modular la respuesta inmune de los humanos; los métodos de cultivo agroecológico producen plantas con una mayor concentración y variedad de antioxidantes ([Fariás, Olivas, Flores, Martínez, Álvarez, 2019](#)). De acuerdo con lo reportado por [FAO, ITPS, GSBI, SCBD, EC \(2020\)](#), la biodiversidad del suelo apoya la salud y el bienestar de las comunidades humanas mediante la regulación de organismos patógenos, ciclos biogeoquímicos y emisiones de GEI, desempeñando también de esta forma un papel central en la productividad agrícola ([Monsalve, Gutiérrez, Cardona, 2017](#)).

El presente estudio desarrollado con comunidades campesinas que protegen la vida y el territorio basados en la organización comunitaria alrededor de la figura de Zona de Reserva Campesina -ZRC, con modos de vida de que giran culturalmente alrededor de sus tradiciones milenarias y han encontrado en la economía campesina formas de establecer intercambios con la sociedad de mercado y de afirmarse en medio del conflicto político, social y armado que afecta al país. Estas comunidades campesinas se han resistido a reemplazar sus formas tradicionales de producción de alimentos por formas modernas de producción basadas en semillas mejoradas, uso de químicos de síntesis y en el uso extensivo e intensivo del suelo y han encontrado en la economía campesina formas de establecer intercambios con la sociedad de mercado y se resiste a reemplazar sus prácticas tradicionales de producción de alimentos por prácticas modernas basadas en semillas mejoradas, uso de agroquímicos y uso extensivo e intensivo del suelo, ya que son conscientes de que las recetas técnicas de la agricultura convencional no son sustentables y que las prácticas agroecológicas visualizadas de forma holística, con el tiempo darán mejores resultados que las prácticas convencionales ([Altieri, Nicholls, 2019](#); [Nicholls, Altieri, Vázquez, 2017](#)). El presente artículo plantea como objetivo identificar el estado de indicadores de respuesta biológica al manejo agroecológico efectuado por la comunidad de la ZRC San Isidro.

2. Marco teórico

Para hacer frente al uso excesivo de fertilizantes químicos que dañan la salud de los ecosistemas y el funcionamiento del suelo, la agricultura está cambiando hacia prácticas agroecológicas basadas en la conservación de la biodiversidad, el fortalecimiento de los procesos biológicos y de los ciclos biogeoquímicos, los cuales están parcialmente regulados por microorganismos saprofitos que tienen un papel esencial en la descomposición y mineralización de la materia orgánica del suelo liberando nutrientes a las plantas ([Falkowski, Fenchel, Delong, 2008](#); [Faessel et al., 2014](#); [Hellequin, 2020](#))

La sostenibilidad de los agroecosistemas está ligada a la dinámica social, inmersa en procesos históricos de propiedad de la tierra, componente fundamental para la producción agraria y prácticas culturales ([Salamanca-Jimenez, Salazar-Gutiérrez, Sadeghian-Khalajabadi, 2021](#); [Sánchez de Prager, Barrera, Prager, Zuluaga, De la Cruz, Ángel, 2017](#); [Sánchez de Prager, 2018](#)). La agricultura de conservación se promueve cada vez más como una alternativa a la degradación del suelo resultante de las prácticas agrícolas que agotan la materia orgánica y el contenido de nutrientes edáficos ([Fawen, Manjing, Yaoze, 2021](#); [Jernigan *et al.*, 2020](#); [Rezaei-Moghaddam *et al.*, 2020](#); [Kassam *et al.*, 2009](#); [Tittonell *et al.*, 2012](#)). El acondicionamiento de agroecosistemas sostenibles es posible a partir de la articulación de saberes, tanto de tradición oral como científicos, enfocando los manejos agrícolas de acuerdo a las características ambientales locales y alterando en lo mínimo el potencial natural del suelo basado principalmente en los siguientes parámetros: a) Suelos vivos y agregados, b) biodiversidad, c) protección del suelo contra impactos de calentamiento, lluvia y/o viento, d) autoconfianza del agricultor y e) buen desarrollo de raíces ([Carvalho, Bartomeus, Rollin, Tinoco, 2021](#); [Primavesi, 2008](#)). Por tanto, la conservación es posible manteniendo la vida, protegiendo los organismos que viven encima y debajo del suelo; estos organismos que habitan debajo y son poco o nada visibles a los ojos humanos constituyen la biota del suelo y pueden ser clasificados en micro, meso y macrofauna, y microorganismos; y realizan descomposición de la materia orgánica, producción de humus, ciclo de nutrientes y energía, contribución en la agregación del suelo, degradación de compuestos xenobióticos, control biológico, entre otras funciones ([FAO, ITPS, GSBI, SCBD, EC, 2020](#); [Moreira, Siqueira, 2006](#)).

Los suelos albergan una cuarta parte de la biodiversidad del mundo ([Vallejo-Cabrera, Salazar-Villarreal, Giraldo-Díaz, 2021](#)). Los organismos del suelo muestran una amplia gama de vida con diversos rasgos funcionales y niveles tróficos, varían en tamaño corporal desde unos pocos micrómetros en algunas bacterias hasta varios metros de longitud en el caso de algunas lombrices ([Nielsen, Wall, 2015](#)). Un solo gramo de suelo alberga millones de microorganismos ([Bardgett, Van Der Putten, 2014](#)) que pueden ser bacterias, hongos o arqueas y docenas de diminutos animales invertebrados inferiores a 0,1 mm, agrupados en microfauna (protistas, nematodos); mesofauna con anchuras corporales inferiores a 2 mm; (ácaros, colémbolos, enquitreido) y macro y megafauna (lombrices, hormigas, milpiés, etc.). La alteración del uso y los cambios en la biodiversidad aérea tienen el potencial de afectar tanto la biodiversidad del suelo como los procesos que la regulan ([Barreto, Lindo, 2022](#)). Se ha evidenciado que la redundancia metabólica de la biodiversidad del suelo es fundamental para la funcionalidad global de los ecosistemas ([Wagg, Bender, Widmer, Van Der Heijden, 2014](#)).

Una mayor biodiversidad se correlaciona positivamente con una mayor estabilidad, función, resiliencia, reciclaje de nutrientes, desintoxicación del suelo y control de plagas del ecosistema, así como una disminución en el requerimiento de insumos de fertilizantes y pesticidas en los agroecosistemas ([Awasthi *et al.*, 2014](#); [Blanchet *et al.*, 2016](#); [Cardinale *et al.*, 2012](#); [Harrison *et al.*, 2014](#); [McCann, 2000](#); [McGrady-Steed, Harris, Morin, 1997](#); [Vallejo-Cabrera, Salazar-Villarreal, Giraldo-Díaz, 2021](#); [Giraldo-Pérez, Raw, Greven, Mattew, 2021](#)).

Los monocultivos agotan el suelo por efecto de reemplazo en su biodiversidad; en contraste los sistemas de agricultura ecológica practicados principalmente por indígenas; afrodescendientes, comunidades campesinas tradicionales; recogen en su diseño intencional o intuitivo las lecciones de los ecosistemas selváticos, manejo de la biodiversidad permanente y temporal, estratificación, manejo de agua y de materia orgánica ([Altieri, León, 2009](#)). En lo correspondiente a la materia orgánica, es considerada como el pilar del manejo ecológico y agroecosistemas por tratarse de la reserva de carbono en el suelo actúa como faro dinamizador y se incrementa cuando los suelos se manejan de manera consciente ([Sánchez de Prager, 2018](#)), por lo tanto para el escalamiento de la agricultura agroecológica, se necesitan estrategias sensibles al contexto social y ecológico, donde los factores físicos, químicos, biológicos y ecológicos deben estudiarse de forma entrelazada con factores humanos, sociales, culturales e históricos.

3. Metodología

3.1. Localización y diseño experimental

El presente estudio de identificación del estado de indicadores de respuesta biológica del suelo al manejo agroecológico se realizó en la ZRC de San Isidro, Pradera, Valle del Cauca, Colombia ([Figura 1](#)). La ZRC está habitada por agricultores familiares campesinos que adoptan prácticas agroecológicas con la finalidad de garantizar la oferta de alimentos y la soberanía y la seguridad alimentaria de las comunidades y futuras generaciones ([FAO, 2020](#)).

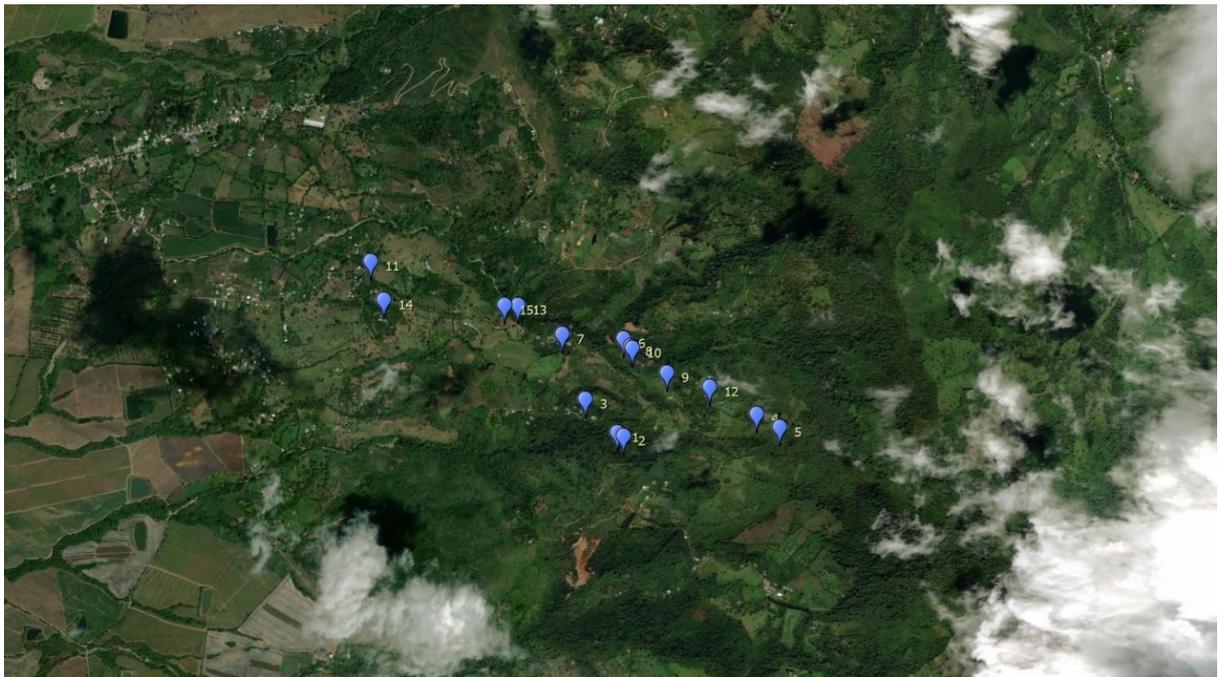
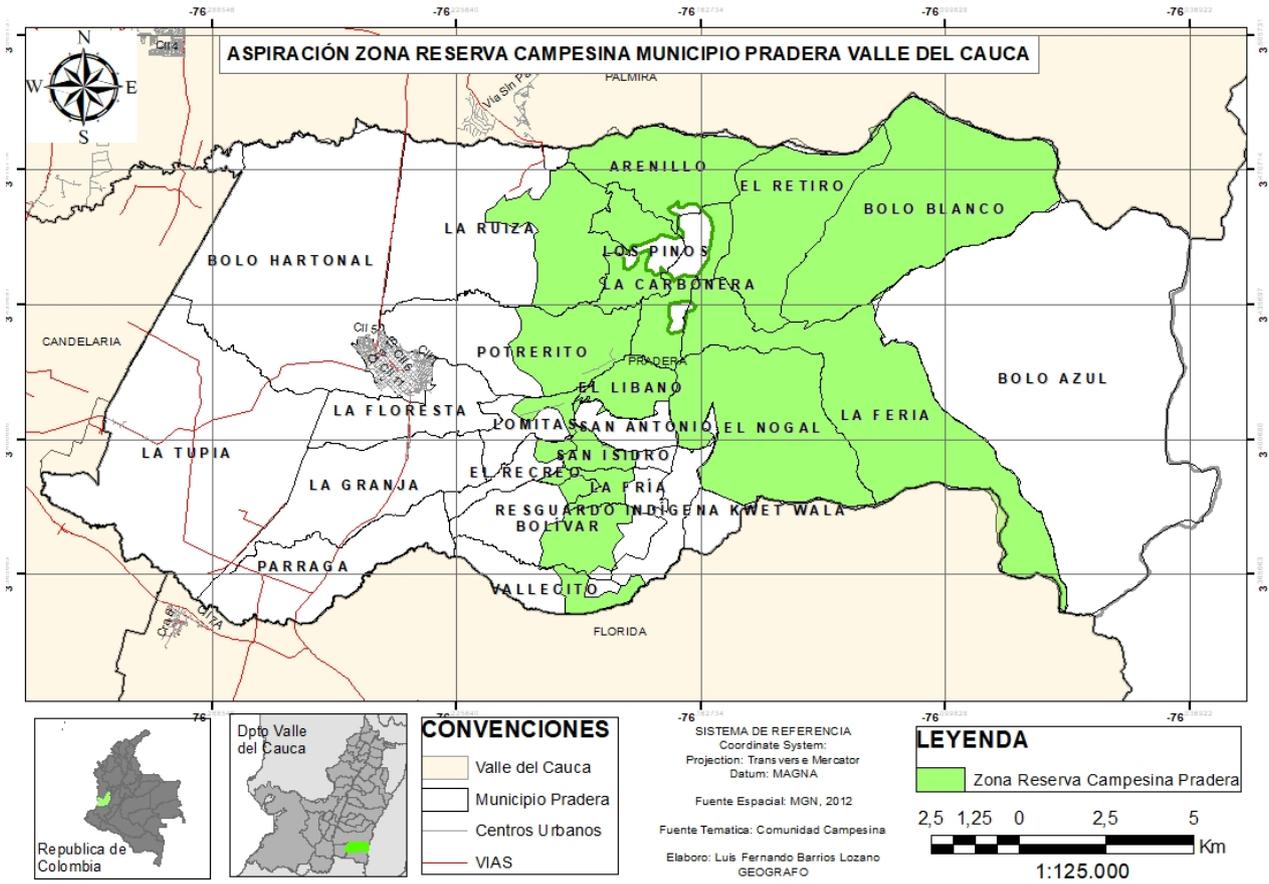


Figura 1. Área de estudio y localización de agroecosistemas de la Zona de Reserva Campesina, corregimiento de San Isidro, municipio de Pradera, Departamento del Valle del Cauca, Colombia.
Fuente: Trabajo colaborativo con la Comunidad de San Isidro

La ZRC San Isidro tiene una extensión de 220 ha, está compuesta por 60 familias y consta de 220 personas. Bajo el enfoque metodológico de redes de agricultores investigadores (RAI) y el Programa Colaborativo de Investigación de Cultivos ([Álvarez et al., 2021](#)) se concertó el diseño metodológico basado en investigación participativa con campesinos de las 15 fincas estudiadas, donde las unidades experimentales fueron 15 agroecosistemas tradicionales de las familias campesinas de la Asociación Agrocomunitaria El Porvenir, Agropor, con posición geográfica (central) X: 1099161,92533 m y Y: 867378,93744 m (sistema de referencia de coordenada Magna Sirgas Colombia-Oeste) con altitudes entre 1300 a 1912 msnm ([Tabla 1](#)) y también se concertaron los tratamientos correspondientes a las prácticas agroecológicas abordadas en el presente estudio.

Tabla 1.

Altitud, área, ubicación geográfica y cultivos principales de 15 agroecosistemas evaluados en la ZRC de San Isidro

Id	Ubicación geográfica	Altitud msnm	Área ha	Cultivos principales	
1	La Esperanza	N3° 23.579' W76° 11.020'	1333	1,92	Ornamentales, frutales, cítricos, gallinas
2	El Ángel	N3° 23.569' W76° 11.002'	1480	0,64	Ornamentales, banano, frutales, cítricos, gallinas
3	Mafer	N3° 23.677' W76° 11.113'	1373	1,28	Ornamentales, frutales, cítricos, gallinas
4	La Parcela	N3° 23.633' W76° 10.615'	1580	0,96	Naranjas, banano, aguacate, caña, hortalizas y limón mandarino
5	La Parcela 2	N3° 23.595' W76° 10.550'	1584	1,28	Naranjas, banano, aguacate, caña, hortalizas y limón mandarino
6	Abelardo	N3° 23.853' W76° 11.003'	1468	0,64	Gallinas, cítricos, banano, café
7	La Fatigosa	N3° 23.867' W76° 11.180'	1481	0,96	Mandarina, banano, guanábana, plátano, protección a quebrada
8	Alto de los colibrís	N3° 23.832' W76° 10.981'	1629	0,64	Cebolla, chachafruto, café
9	Las Delicias 1	N3° 23.755' W76° 10.877'	1912	0,96	Cebolla, chachafruto, café
10	Las Delicias 2	N3° 23.825' W76° 10.976'	1883	0,64	Plátano, banano, ornamentales
11	La Alacranera	N3° 24.080' W76° 11.737'	1489	1,28	Ornamental, banano, plátano, cítricos, frutales
12	La Mesa	N3° 23.712' W76° 10.752'	1482	1,92	Yuca, limones, café
13	La Cumbre	N3° 23.951' W76° 11.308'	1798	2,56	Cebolla, chachafruto, café
14	Los Caimos	N3° 23.967' W76° 11.698'	1600	0,48	Cítricos, cacao, café
15	Virgelina	N3° 23.952' W76° 11.347'	1420	0,64	Ornamentales, banano, limón

Fuente: Los autores

3.2. Muestreo de suelo

El trabajo de investigación se desarrolló entre los meses de marzo y julio de 2021. Se tomaron cinco muestras para cada sistema de producción a una profundidad de 20 cm, se mezclaron homogéneamente para formar una sola muestra y, posteriormente, se transportaron a laboratorio para ser analizados, tal como se ha hecho en recientes estudios ([Feng-Rui, Lu-Lu, Ji-Liang, Kun, 2019](#)).

Análisis físicos y químicos: Se determinó la textura por método del hidrómetro de Bouyucus, porcentaje de materia orgánica MO por el método de Walkley y Black y colorimetría; ppm de fósforo P por el método de Bray II y colorimetría; los elementos menores: hierro, cobre, manganeso y zinc, por el método de Mehlich I o doble ácido. Espectroscopía de absorción atómica; el boro B por extracción con agua caliente. Colorimetría Azomethina-H; y el azufre S, por extracción con fosfato de calcio. Determinación por turbidimetría; pH: 2:1 potenciométrico.

Mesofauna: se tomaron muestras de suelo en monolitos de 25 x 25 x 30 cm, con tres repeticiones en cada agroecosistema usando un palín, procurando la mínima disturbación, y posteriormente se dividió en capas a tres profundidades: 0-10, 10-20 y 20-30 cm, la cuantificación se realizó por medio de extracción de la mesofauna por el método del embudo de Berlese-Tullgren sobre el cual se colocó un tamiz con un diámetro de malla de 3 mm, de acuerdo con [Karyanto et al. \(2012\)](#).

Microorganismos: en cada predio seleccionado se tomaron 5 submuestras a una profundidad de 0 a 15 cm, se mezclaron y se tomó una muestra para los análisis de laboratorio. Se dejaron secar al aire bajo sombra, se pasó un rodillo para homogenizar la muestra, se tamizó a 2 mm y se tomaron 200 g para el respectivo análisis. Para la cuantificación microbiana para hongos y bacterias, las muestras de suelo se secaron al aire, se tamizaron a 2 mm, y se retiraron 10 g de suelo para la estimación de unidades formadoras de colonias UFC, mediante la preparación de diluciones en serie hasta 10^{-7} . Se utilizaron los medios de cultivo PDA para hongos y agar nutritivo para bacterias. Se realizó conteo de UFC después de 24 horas durante 7 días de incubación a 27 °C.

La cuantificación de esporas de hongos micorrízicos arbusculares HMA, se realizó por medio de la extracción de 100 g de submuestras de suelo mediante tamizado húmedo y decantación. Las esporas se contaron mediante el montaje en portaobjetos de vidrio con reactivo PVLG y PVLG + Melzer (Rivera Páez *et al.*, 2016). El número de esporas se presenta como HMA/100 g de suelo seco (Montenegro, Barrera, Mosquera 2020; Sánchez De Prager, Posada, Velázquez, Narváez, 2010; Sieverding, 1983).

3.4. Análisis estadístico

A los resultados obtenidos, se les realizó un análisis de varianza, prueba de comparación de medias, (t-test) utilizando el programa Sigma Plot versión 11.0.

A la mesofauna del suelo y a la diversidad vegetal se les realizó análisis de índice de diversidad Shannon (Nicosia *et al.*, 2020). Se utilizaron los índices de Simpson y Shannon-Wiener para estudiar la biodiversidad de la mesofauna del suelo y especies vegetales, son índices ampliamente usados, Shannon sugerido como un buen estimador de diversidad y Simpson para la equidad por medio de valoración de dominancia de especies por localidad (Bautista, 2020)

4. Resultados y discusión

Parámetros físicos y químicos del suelo: La Tabla 2 presenta los resultados obtenidos del análisis químico y análisis físico de textura, realizado en los suelos de los 15 agroecosistemas de estudio. De acuerdo con las consideraciones generales para interpretación de análisis de suelos de Osorio (2012), de modo general el promedio de pH del suelo entre las fincas fue 5.8, medianamente ácido, por debajo del pH de ambientes con mayor diversidad de microorganismos oscilante entre valores de 6 a 8 (Tanya-Morocho, Leiva-Mora, 2019).

El promedio de materia orgánica MO fue 3.3 equivalente a nivel suficiente para climas cálidos, niveles de fosforo P oscilaron entre bajo y alto (bajo <15, alto >30), potasio K se presentó en la mayoría de las fincas en nivel suficiente (0.2-04); sin embargo, las relaciones con Mg y Ca indican niveles deficientes de este elemento. Excepto el Cobre Cu, los elementos menores presentan valores por fuera del contenido ideal, por lo tanto, se deben fortalecer prácticas agroecológicas que logren condiciones estables encaminadas hacia la actividad funcional de la biota del suelo por ejemplo en el caso de la esporulación de Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) y especificidad de las plantas, se mencionan los resultados de Pérez, Fuentes (2009), quienes encontraron que el potasio K está directamente relacionado con la esporulación de HMA en rizosfera de pasto colosoana. En el caso de la materia orgánica Primavesi (2008), indica que la densidad de seres vivos en el suelo está determinada por la cantidad de alimento existente en el lugar. Lo anterior sugiere que es fundamental la comprensión de interacciones mineral-materia orgánica-microorganismo para comprender, restaurar, mejorar y mantener la integridad ecosistémica en una escala global para descubrir los mecanismos de los procesos del suelo y los impactos sobre ciclos biogeoquímicos y la biodiversidad ecosistémica (Pan-Ming, Ming-Kuang Chih-Yu, 2005).

Tabla 2.

Análisis químico y textura del suelo en 15 agroecosistemas evaluados de la ZRC San Isidro

Finca	% ppm			meq/100g				ppm				Textura	
	pH	M.O	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Cu	Zn		B
La Esperanza	5.3	2.6	5.6	0.2	10.9	6.4	0.0	42.0	136.0	3.2	3.2	0.3	FAAr
El Ángel	5.4	3.5	4.0	0.3	9.9	6.1	0.0	23.7	119.5	3.1	4.5	0.3	FAAr
Mafer	5.5	3.2	51.3	0.4	16.0	11.6	0.1	4.3	101.5	1.7	7.5	0.3	FAAr

	% ppm				meq/100g				ppm				Textura
La Parcela 1	6.2	4.4	15.5	0.3	13.8	8.1	0.0	6.2	95.0	1.7	4.7	0.3	FAAr
La Parcela 2	5.7	3.5	14.9	0.3	13.7	7.1	0.0	8.2	100.4	2.0	9.3	0.3	FAr
Abelardo	6.3	3.0	3.6	0.2	15.8	10.7	0.1	4.5	92.0	1.9	4.2	0.4	FAr
La Fatigosa	5.7	2.9	3.0	0.2	12.8	8.1	0.0	8.7	62.6	2.4	3.3	0.3	Ar
Alto de los colibris	6.3	3.2	4.1	0.6	13.9	7.6	0.0	27.6	218.6	2.4	7.1	0.4	FAAr
Las Delicias 1	5.4	3.3	2.6	0.3	10.7	7.8	0.0	12.6	81.0	3.1	4.5	0.3	Ar
Las Delicias 2	6.3	3.1	30.1	0.4	11.7	9.1	0.1	3.9	83.5	1.5	12.5	0.4	FAr
La Alacranera	5.4	3.0	2.1	0.1	10.5	7.4	0.0	13.9	111.7	2.4	2.9	0.4	FAAr
La Mesa	5.2	3.4	2.2	0.2	17.3	8.9	0.0	10.4	134.9	3.6	3.7	0.4	FAr
La Cumbre	7.1	3.8	71.4	0.4	16.1	6.0	0.1	5.0	111.8	1.2	11.0	0.4	FAAr
Los Caimos	6.0	3.6	67.2	0.2	12.0	8.7	0.1	6.8	98.8	2.7	8.6	0.4	FAAr
Virgelina	5.4	3.3	2.7	0.1	5.4	4.7	0.0	18.9	73.4	2.4	6.0	0.3	Ar

*Franco Arenoso Arcilloso: FAAr; Arcilloso: Ar; Franco Arcilloso: Far

Fuente: Los autores.

Por su parte la textura en ocho de los agroecosistemas evaluados es moderadamente gruesa (Franco-Arenoso-Arcilloso) caracterizados por mala retención de humedad y baja fertilidad; los demás suelos: cuatro de textura franco-arcilloso y tres arcilloso presentan buena fertilidad, sin embargo, tiende a presentar mala aireación. Desde la perspectiva de la sustentabilidad del suelo es importante considerar que no es suficiente la comprensión aislada de sus propiedades fisicoquímicas para la producción de plantas, se requiere tener en cuenta procesos de interacción entre plantas y entre estas con la biota del suelo alrededor de las raíces, que pueden promover o reducir el crecimiento de las plantas. Por ejemplo, las enmiendas orgánicas pueden fomentar una mayor resiliencia a los patógenos de las plantas mediante la promoción de microorganismos beneficiosos. En muchos casos, los contenidos más altos de materia orgánica gestionada por enmiendas o labranza reducida aumentan la biodiversidad que se espera mejore la resiliencia de los cultivos ([Chen et al., 2019](#); [Bonanomi et al., 2018](#); [Lehmann, 2020](#))

Labranza de conservación: La [Figura 2](#) presenta los indicadores de manejo agroecológico del suelo: prácticas de rotación, labranza, uso de pesticidas y materia orgánica, en cada uno de los 15 agroecosistemas de la ZRC San Isidro; estos indicadores se han adaptado de acuerdo con lo propuesto por [Blandi et al., 2015](#)). Los resultados destacan en los agroecosistemas las prácticas de labranza de conservación y el mínimo uso de pesticidas, aun cuando estos son de origen biológico. En este sentido, se resaltan resultados de una experiencia brasilera similar en la región de Paraná donde agricultores con prácticas de labranza cero, notaron efectos de mejora en los rendimientos de sus cultivos, además del control de la erosión ([Petersen, Tardin, Marochi, 1999](#)). Probablemente un efecto similar se ha logrado en la ZRC San Isidro, ya que, de 15 fincas ubicadas en un gradiente altitudinal entre 1333 y 1912 msnm, la finca Las Delicias I, donde la labranza conservacionista es prioritaria; se ha observado que el requerimiento de pesticidas es mínimo.

Materia orgánica del suelo y otros atributos químicos, físicos y biológicos: Los resultados de materia orgánica oscilaron entre 2.63 de finca La Esperanza y 4.36 de finca La Parcela 1, correspondientes a niveles entre suficiente y alto ([Osorio, 2012](#)), inferior a lo reportado en esta región por [Patiño, Sadeghian, Montoya \(2006\)](#) con un porcentaje de 7.91%. La [Figura 2](#) indica que el manejo de materia orgánica presenta una baja calificación en las fincas Fatigosa, Parcela2 y Virgelina y aunque las otras fincas presentan calificación alta, se hace necesario el fortalecimiento de esta práctica en toda la ZRC San Isidro como medida de prevención de pérdida de suelo y nutrientes. Esta es una opción viable ya que suelos cercanos ubicados en el municipio de Palmira, con altitud entre 1300 y 1700 m.s.n.m., presentan contenidos de materia orgánica por encima de 7.0 ([Sanclemente, 2009](#); [Vélez, 2012](#)).

Cuando se implementan prácticas agroecológicas un efecto visible es la acumulación de materia orgánica como indicador de calidad del suelo y, por el contrario, su reducción está relacionada con pérdida de fertilidad y aumento de la erosión ([Altieri, Nicholls, 2012](#); [McCauley, Jones, Olson-Rutz, 2017](#)). Las actividades de labranza de conservación deberán mantenerse en la ZRC San Isidro, al igual que la adición adecuada de residuos orgánicos ya que los contenidos orgánicos del suelo proporcionan energía, sustratos y propician la diversidad biológica necesaria para mantener numerosas funciones edáficas ([Franzuebbers, 2002](#)).

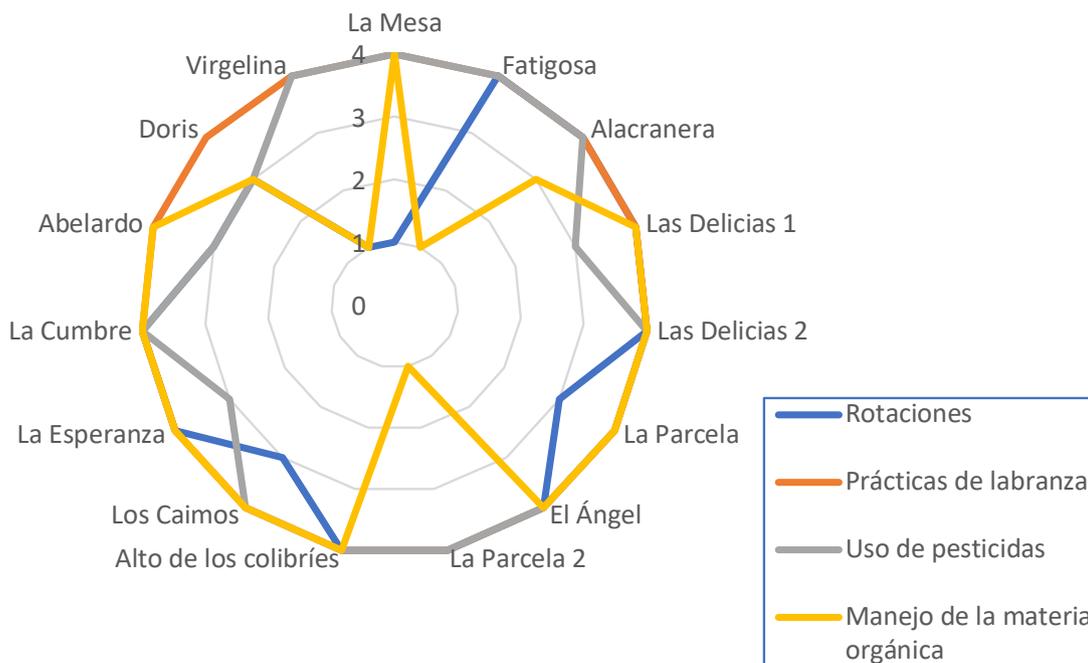


Figura 2. Calificación de 15 sistemas agroecológicos en la ZRC San Isidro, en respuesta a prácticas de rotación, labranza, uso de pesticidas y materia orgánica. El 0 indica el valor más bajo y 4 el valor óptimo. Fuente: Los autores

Entre las propiedades del suelo de la ZRC San Isidro que podrían mejorarse, está el pH. En el presente estudio el pH osciló entre 5.2 -fuertemente ácido- finca La Mesa y 7.1 -neutro- finca La Cumbre, (Osorio, 2012). Para la mayoría de los vegetales y cultivos agronómicos, un pH de 5.8 a 6.5 es óptimo (Espinoza, Slaton, Mozaffari, 2012), lo cual indica que aún se requieren esfuerzos para fortalecer la disponibilidad de nutrientes de los suelos estudiados y podría lograrse a partir de la incorporación de materia orgánica con la aplicación de gallinaza compostada y cachaza de caña de azúcar compostada (Arrieche, Mora, 2005) y con el uso de estiércol de vaca, que puede incrementar el pH en un 2% (Eche, Iwuafor, Amapui, Bruns, 2013).

Se sabe que gran parte de la materia orgánica está estrechamente relacionada con los minerales del suelo y particularmente con las arcillas, ya que su interacción de cargas contribuye en la retención de nutrientes. En los suelos evaluados la textura reflejó gran porcentaje de arcillas, clasificándolos entre franco arcillosos, franco, arcillo arenosos y arcillosos. A pesar de las bondades de las arcillas, estas influyen en la reducción de la infiltración, aireación y penetración del suelo; por lo tanto, mantener niveles adecuados de materia orgánica a partir de adiciones permanentes contribuirá en equilibrar estos factores, tal como lo demostraron Murray et al. (2014), en el aumento de la densidad aparente e infiltración en el suelo de un sistema agroforestal a partir del aporte de la hojarasca.

La disponibilidad de nutrientes también asociada a la materia orgánica del suelo está asociada a la presencia y diversidad de la biota del suelo incluyendo la mesofauna, que interviene en procesos de descomposición de la materia orgánica, aceleración y reciclaje de los nutrientes y, en particular, en mineralización del fósforo y el nitrógeno (García-Álvarez y Bello, 2004; Socarrás, 2013). De otra parte, el microbiota del suelo es vital para mantener el equilibrio en el ciclo de nutrientes y otras propiedades de carácter físico o químico. De acuerdo con las dinámicas de uso y manejo, los microorganismos se benefician o perjudican, impactando la calidad y salud del suelo (Saccá et al., 2017; Gómez et al., 2019).

Mesofauna, hongos y bacterias totales

Mesofauna: se registró un total de 20650 individuos en suelos de los 15 agroecosistemas evaluados de la ZRC San Isidro. Los resultados de mesofauna, indican que el grupo de mayor presencia fue el acari con 13918 individuos (67%) seguido de

colembola con 4698 (23%), Himenoptero- 1432 (7%), Coleoptera-199 (1%), Hemiptera-117(1%) y otros grupos 286 (1%). La presencia en mayor porcentaje de los grupos Acari y collembolos es un indicador positivo de la condición biológica del suelo por su alta sensibilidad a las alteraciones ambientales (Viegas Damé *et al.*, 1996; Souto *et al.*, 2008). El estudio realizado por Kooch, Mehr, Hosseini (2021) encontró que la degradación de suelos forestales disminuye significativamente las actividades de grupos ecológicos de lombrices de tierra, Acarina, Collembola, nematodos, protozoos, bacterias y hongos, el estudio resalta investigaciones similares que indican mayor actividad, abundancia y riqueza biológica en suelos no disturbados al comparares con sitios de impacto antropogénico (Feijoo *et al.*, 2011; Felten, Emmerling, 2011).

Bacterias y hongos totales: el promedio de bacterias en las fincas de estudio fue de 7.52×10^7 , bacterias solubilizadoras de fosfato 3.82×10^4 , bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre 1.57×10^5 y hongos 9.8×10^5 , resultados similares encontraron Caicedo, Hinestrosa (2018) en cuatro agroecosistemas evaluados en Palmira. De otra parte, Salamanca, Bonilla y Sánchez (2004), en suelos de la misma región demostraron un significativo aumento de poblaciones microbianas posterior a la aplicación de materia orgánica a partir de cuatro abonos verdes. Chavarria *et al.* (2018) evaluaron el efecto del manejo agroecológico sobre las comunidades fúngicas y bacterianas y aunque no encontraron diferencias claras entre los tratamientos con respecto a las comunidades fúngicas y bacterianas, destacó que las parcelas agroecológicas presentaron una abundancia similar de copias de ADN r fúngico y bacteriano en comparación con el manejo convencional, también concluye sobre el dominio de hongos en las comunidades microbianas del suelo y una mayor eficiencia metabólica microbiana en comparación con un sistema de manejo convencional, demostrando un uso más eficiente de los sustratos de carbono en los sistemas agroecológicos, contrarrestando el efecto negativo de la falta de fertilización sintética y la labranza reducida a largo plazo (Xun *et al.*, 2016). En consonancia con los principios agroecológicos está el uso de bioestimulantes destinados a seleccionar y estimular los microorganismos benéficos del suelo para sostener indirectamente el crecimiento y la productividad de las plantas (Siwik, Szczepanek, 2018; Hellequin *et al.*, 2018), tal como lo demostró Hellequin *et al.* (2020), quienes observaron un efecto positivo después de 49 días de aplicación de un bioestimulante sobre los microorganismos activos del suelo, lo que según los autores, debería ser beneficioso para acompañar las prácticas agroecológicas; adicionalmente cabe resaltar que propender por el equilibrio del suelo en términos de propiedades físicas, químicas y biológicas estimula al equilibrio funcional de la biota del suelo. Los resultados de estos estudios sugieren que en la ZRC San Isidro podría fortalecerse la densidad, además de la diversidad microbiana, a partir de adecuada adición de materia orgánica y, con ello fortalecer el ciclo de nutrientes, agregación del suelo y demás impactos inherentes a la actividad microbiana edáfica.

En el presente estudio el índice de diversidad de Shannon y Simpson presentó valores de 0,93 y 3.1 respectivamente (Tabla 3), es decir un indicador de biodiversidad de la biota edáfica de promedio normal y poca dominancia; debido al manejo agroecológico de las fincas se espera que el indicador de biodiversidad pueda aumentarse ya que el resultado puede ser reflejo de un historial de uso y manejo insustentable, por ejemplo, se puede fortalecer la incorporación de materia orgánica de acuerdo a los atributos de cada agroecosistema ya que este parámetro es necesario para la salud y productividad del suelo (Patrón y Vargas, 2019). No obstante, la gestión que se realice debe ser bien articulada, ya que es importante resaltar que la diversidad del suelo requiere múltiples indicadores para ser cuantificados e integrados en un índice, ya que los indicadores de salud del suelo agrupados como físicos, químicos o biológicos, no siempre están claramente delineados, puesto que muchas propiedades son el reflejo de múltiples procesos. Por ejemplo, la agregación del suelo es el resultado de parámetros químicos como el contenido de materia orgánica, tipo de mineral y/o actividades biológicas (Denef, Six, 2005). El fosfato disponible para las plantas se incluye en los indicadores químicos que pueden analizarse fácilmente, pero es en gran medida el resultado de complejos procesos biológicos de mineralización microbiana y absorción por las plantas (Lehmann *et al.*, 2020).

Tabla 3.
Riqueza, diversidad y abundancia biológica encontrada en suelos de 15 agroecosistemas evaluados de la ZRC San Isidro

Finca	Simpson_1-D	Shannon_H
La Esperanza	0,93	3,09
El Ángel	0,93	3,07
Mafer	0,93	3,07
La Parcela 1	0,93	3,07
La Parcela 2	0,93	3,04

Finca	Simpson_1-D	Shannon_H
Abelardo	0,93	3,11
La Fatigosa	0,93	3,12
Alto de los colibris	0,93	3,10
Las Delicias 1	0,93	3,13
Las Delicias 2	0,93	3,09
La Alacranera	0,93	3,12
La Mesa	0,93	3,08
La Cumbre	0,92	3,00
Los Caimos	0,93	3,09
Virgelina	0,93	3,06

Fuente: Los autores

Hongos micorrízicos arbusculares (HMA)

La presencia de HMA estuvo en promedio en 48 esporas/g de suelo en los 15 agroecosistemas. Se encontró mayor población en las fincas La Cumbre, La Alacranera, Virgelina, Las Delicias, Los Caimos y La Mesa con 52, 55, 58, 59, 59 y 61 esporas/g suelo ($P < 0.05$), respectivamente (Figura 3). Resultados similares de poblaciones reportaron Araujo, Benavides y Flores (2010) en un suelo de la misma región inoculado con HMA con adición de materia orgánica y fertilización química, el cual también presentó mayores rendimientos en cultivo de ají (*Capsicum* spp.), en este estudio los tratamientos sin inoculo de HMA presentaron un promedio de 12 esporas /g suelo, muy por debajo de los agroecosistemas de la ZRC San Isidro donde el menor número fue de 35 esporas/g suelo en la finca La Parcela y la población cuantificada corresponde a HMA nativos de suelos sin aplicación de fertilizantes de síntesis química, lo cual concuerda con la afirmación de Moreira y Siqueira (2006) quienes hacen referencia al efecto de las prácticas de labranza, uso de pesticidas y manejo de materia orgánica sobre la densidad y eficiencia de los HMA; en contraste a las prácticas agroecológicas Sánchez de Prager (2018) registró un estudio de baja diversidad de HMA en un suelos con alto uso de fertilizantes de síntesis química, cultivados con pastizales dominados por *Paspalum notatum* y cebolla de bulbo *Allium*.

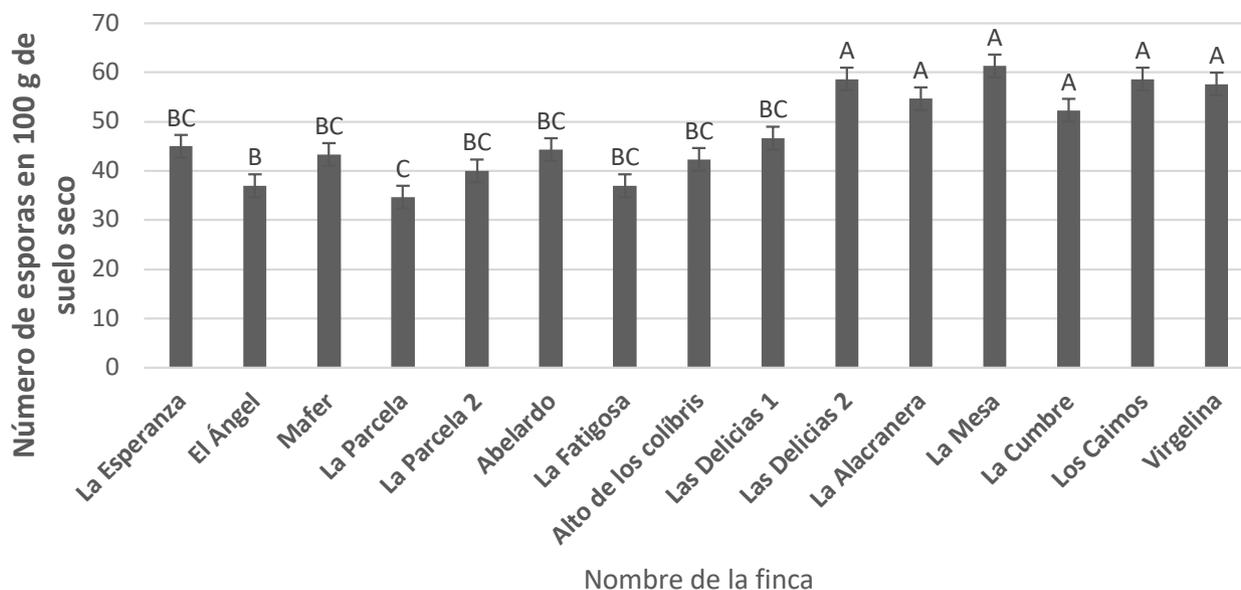


Figura 3. Densidad de esporas en suelos de 15 agroecosistemas en ZRC San Isidro. Letras distintas representan diferencias significativas entre agroecosistemas. T-test ($P < 0.05$)
Fuente: Los autores

HMA y diversidad vegetal: los HMA, son de gran importancia por la simbiosis establecida con las plantas ayudando en la obtención de nutrientes minerales del suelo, tolerancia a estrés y reducción de competencia entre plantas, mediante la transferencia de carbono (Simard *et al.*, 1997; Simard, Durall, 2004; Pérez, Rojas, Montes, 2011). En el presente estudio a las 543 especies vegetales se les estimó el índice de diversidad de Shannon y Simpson (Tabla 4).

Tabla 4.
Índices de riqueza y diversidad vegetal en 15 agroecosistemas evaluados en la ZRC de San Isidro

Finca	Simpson_1-D	Shannon_H
El Ángel	0,98	4,10
Mafer	0,98	3,96
La Parcela 1	0,98	4,24
La Parcela 2	0,95	3,13
Abelardo	0,95	3,15
La Fatigosa	0,96	3,25
Alto de los colibris	0,93	2,81
Las Delicias 1	0,93	2,66
Las Delicias 2	0,94	2,79
La Alacranera	0,76	1,83
La Mesa	0,96	3,27
La Cumbre	0,92	2,52
Los Caimos	0,86	2,04
Virgelina	0,97	3,79

Fuente: Los autores

El índice de Shannon indicó valores superiores a 3.7 para las fincas La Esperanza, El Ángel, Mafer, La Parcela I y Virgelina, estos valores son considerados altos. La finca La Alacranera presentó un índice menor a 2, considerado como bajo, igualmente el índice de Simpson fue el más bajo en comparación con las demás fincas indicando menor dominancia de especies. Por su parte el número de esporas de HMA en esta finca estuvo entre los más altos (55 esporas /g suelo), esto podría estar relacionado con su gran densidad de orquídeas incluida dentro de las plantas ornamentales (Tabla 1), ya que se conoce sobre la amplia especificidad simbiótica de HMA y la familia Orchidaceae, que es también de gran importancia para la distribución de las orquídeas (Jacquemyn, Duffy, Selosse, 2017; Romero-Salazar, Galvis-Gratz, Moreno-López, 2022). No obstante, se hace necesario un estudio en detalle entre las plantas hospederas de la ZRC San Isidro y la densidad poblacional de HMA y con ello gestionar prácticas de producción sustentable en función de las características agroecológicas específicas de cada localidad de estudio.

5. Conclusiones

Los sistemas agroecológicos de las fincas Fatigosa, Parcela 2 y Virgelina presentaron baja calificación en el manejo de la materia orgánica, la textura de estos suelos presenta dominio de presencia de arcillas por lo tanto es importante mantener la constante incorporación algún tipo de materia orgánica que contribuya con la aireación permanente. Así mismo en la mayoría de los suelos que presentaron altos porcentajes de arena es necesario incorporar un tipo de materia orgánica que permita conservar la humedad y evitar la pérdida de suelo por erosión.

Los agroecosistemas que presentaron mayores índices de diversidad vegetal y biota del suelo corresponden a las fincas la Delicias I y el Ángel con índice de biodiversidad de Shannon de 3.13 y 4.10, en estas fincas la calificación en manejo de materia orgánica fue alta, sin embargo es importante resaltar que la diversidad del suelo requiere múltiples indicadores para ser cuantificados e integrados en un índice, ya que los indicadores de salud del suelo agrupados como físicos, químicos o biológicos, no siempre están claramente delineados, puesto que muchas propiedades son el reflejo de múltiples procesos, por lo tanto, es necesario establecer vínculos directos entre la biodiversidad del suelo y la producción de cultivos para implementar las prácticas de gestión. ≡

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias bibliográficas

1. ALMADA, Carolina; IERMANÓ, María José; SARANDÓN, Santiago Javier. Evaluación de la sustentabilidad de agroecosistemas correntinos: una herramienta para avanzar hacia la transición agroecológica. En: Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (ed.) X Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios. Buenos Aires. 2018, p. 1–20. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/74604>
2. ALTIERI, Miguel; NICHOLLS, Clara. Agroecología y Diversidad Genética En La Agricultura Campesina. En: Leisa Revista de Agroecología, 2019. vol. 35, no. 2, p. 22–25. <http://leisa-al.org/web/index.php/volumen-35-numero-2/3890-agroecologia-y-diversidad-genetica-en-la-agricultura-campesina>
3. ALTIERI, Miguel Ángel; NICHOLLS, Clara. Agroecology: Challenges and opportunities for farming in the Anthropocene. In: International journal of agriculture and natural resources, 2020. vol. 47, no. 3, p. 204–215. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S2452-57312020000300204&script=sci_abstract&lng=en
4. ALTIERI, Miguel; NICHOLLS, Clara. Agroecology scaling up for food sovereignty and resiliency. En: Sustainable agriculture reviews. 2012. vol. 11, p. 1–29. https://doi.org/10.1007/978-94-007-5449-2_1
5. ALTIERI, Miguel Ángel; LEON, Tomas Enrique. Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones. Medellín: Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA), 2009. <http://media.utp.edu.co/centro-gestion-ambiental/archivos/documentos-relacionados-con-agroecologia-seguridad-y-soberania-alimentaria/vertientes-del-pensamiento-agroecologico-fundamentos-y-aplicaciones.pdf>
6. ÁLVAREZ, Eliseo Mamani; ROJAS, Wilfredo; BARAHONA, Carlos. Diseño de experimentos con pequeños agricultores. Una herramienta metodológica para redes de agricultores investigadores. En: Leisa Revista de Agroecología, 2021. Vol. 37, no. 1, p. 25–26. <https://leisa-al.org/web/index.php/volumen-37-numero-1/4435-diseno-de-experimentos-con-pequenos-agricultores-una-herramienta-metodologica-para-redes-de-agricultores-investigadores>
7. ARAUJO, Edgar; BENAVIDES, Martha; MENJIVAR-FLORES, Juan Carlos. Efecto de la fertilización en la nutrición y rendimiento de ají (*Capsicum* spp.) en el Valle del Cauca, Colombia. En: Acta agronómica, 2010. Vol. 59, no. 1, p. 55–64. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122010000100007
8. ARRIECHE, Isabel; MORA, Orlando. Efecto de la aplicación de residuos orgánicos sobre el cultivo de maíz en suelos degradados en el estado Yaracuy, Venezuela. En: Bioagro. 2005. Vol. 17, no. 3, p. 155–159. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612005000300005
9. AWASTHI, Ashutosh; SINGH, Mangal; SONI, Sumit; SINGH, Rakshpal; KALRA, Alok. Biodiversity acts as insurance of productivity of bacterial communities under abiotic perturbations. En: The ISME journal, 2014, vol. 8, no. 12, p. 2445–2452. <https://www.nature.com/articles/ismej201491>
10. BARDGETT, Richard D.; VAN DER PUTTEN, Wim H. Belowground biodiversity and ecosystem functioning. Nature, 2014, vol. 515, no. 7528, p. 505–511. <https://www.nature.com/articles/nature13855>
11. BARRETO, Carlos; LINDO, Zoë. Response of soil biodiversity to global change. Pedobiologia, 2022, vol. 90, p. 150792. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2022.150792>
12. BAUTISTA PLAZAS, Sebastián. Patrones de diversidad alfa y beta para quince complejos de páramo de Colombia. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2020. <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/35653>
13. BLANCHET, Guillaume; GAVAZOV, Konstantin; BRAGAZZA, Luca; SINAJ, Sokrat. Responses of soil properties and crop yields to different inorganic and organic amendments in a Swiss conventional farming system. En: Agriculture, Ecosystems & Environment, 2016, vol. 230, p. 116–126. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880916302961>
14. BLANDI, María Luz; SARANDÓN, Santiago Javier; FLORES, Claudia Cecilia; VEIGA, Iran. Evaluación de la sustentabilidad de la incorporación del cultivo bajo cubierta en la horticultura platense. En: Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata. 2015. Vol. 114, no. 2, p. 251–264. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/51351>
15. BONANOMI, Giuliano; LORITO, Mateo; VINALE, Francesco; WOO, Sheridan. Organic Amendments, Beneficial Microbes, and Soil Microbiota: Toward a Unified Framework for Disease Suppression. En: Annual Review of Phytopathology, 2018. Vol. 56, p. 1–20. <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-phyto-080615-100046>
16. BRAVO-DÍAZ, Ángela María; GONZÁLEZ-MURILLO, Gustavo Adolfo; DUQUE-CEBALLOS, Jose Luis. Diseño de estrategias de mejoramiento a partir del diagnóstico de clima organizacional en una empresa distribuidora de combustibles y alimentos. En: Entramado. 2018. vol. 14, no. 1, p. 12–31 <https://doi.org/10.18041/entramado.2018v14n1.27127>
17. CAICEDO CUERO, Helmer; HINESTROZA VASQUÉZ, Juan Carlos. Abundancia de grupos funcionales de microorganismos del suelo bajo cuatro sistemas de manejo agroecosistémico del municipio de Palmira (Valle del Cauca). Tesis para optar al título de Ingeniero Ambiental. Palmira. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente, 2018. 59 p. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/18835>
18. CALDERON-MEDINA, Claudia L.; BAUTISTA-MANTILLA, Gina P.; ROJAS-GONZALEZ, Salvador. Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta. En: Orinoquia. Instituto de Investigaciones de la Orinoquia Colombiana. 2018. Vol. 22, no. 2, p. 141–157. <https://doi.org/10.22579/20112629.524>
19. CARDINALE, Bradley J., et al. Biodiversity loss and its impact on humanity. En: Nature, 2012. vol. 486, no. 7401, p. 59–67. <https://doi.org/10.1038/nature11448>
20. CARVALHEIRO, Luisa; BARTOMEUS, Ignasi; ROLLIN, Sergio Timóteo; TINOCO, Carla Faleiro. The role of soils on pollination and seed dispersal. In: Philosophical Transactions of the Royal Society B, 2021. vol. 376, no. 1834, p. 20200171. <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0171>

21. CORTES, Amparo. Estado actual del recurso suelo. Barcelona: Universidad de Barcelona. 2018. <https://www.unibarcelona.com/int/actualidad/noticias/estado-actual-del-recurso-suelo>
22. CHAVARRIA, Diego; PÉREZ-BRANDAN, Carolina; SERRI, Danae; MERILES, José; RESTOVICH, Silvina; ANDRIULO, Adrian; JACQUELIN, Luis; VARGAS-GIL, Silvina. Response of soil microbial communities to agroecological versus conventional systems of extensive agriculture. En: *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2018, vol. 264, p. 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.05.008>
23. CHEN, X. D., Dunfield, K. E., Fraser, T. D., WAKELIN, S. A., RICHARDSON, A. E., CONDRON, L. M. Soil biodiversity and biogeochemical function in managed ecosystems. En: *Soil research*, 2019, vol. 58, no 1, p. 1-20. <https://doi.org/10.1071/SR19067>
24. ECHE, Nkechi Mary; IWUAFOR, Emmanuel Nathan; AMAPUI, Ishaku Yo'ila; BRUNS, MaryAnn Victoria. Effect of application of organic and mineral soil amendments in a continuous cropping system for 10 years on chemical and physical properties of an Alfisol in Northern Guinea Savanna zone. In: *International Journal of Agricultural Policy and Research*. June, 2013, vol. 1, no. 4 p. 116-123. <https://journalissues.org/wp-content/uploads/2013/06/Eche-et-al.pdf>
25. DIXON, John; GULLIVER, Aidan; GIBBON, David. *Sistemas de Producción Agropecuaria y Pobreza. Cómo mejorar los medios de subsistencia de los pequeños agricultores en un mundo cambiante.* Roma y Washington: FAO, 2001. <https://www.fao.org/publications/card/es/c/a204dc72-8d27-5e2d-ac64-afb32bc22660/>
26. DENEK, K.; SIX, J. Clay mineralogy determines the importance of biological versus abiotic processes for macroaggregate formation and stabilization. En: *European journal of soil science*, 2005, vol. 56, no 4, p. 469-479.
27. ESPINOZA, Leo; SLATON, Nathan; MOZAFFARI, Morteza. *Cómo interpretar los resultados de análisis de suelos.* Traducido por Leo Espinoza. Cooperative Extension Service, University of Arkansas, US Department of Agriculture, and county governments cooperating. Arkansas. 2012. <https://www.uaex.uada.edu/publications/PDF/FSA-2118SP.pdf>
28. FAO. *The State of the World's biodiversity for Food and Agriculture.* Rome. 2019. <http://www.fao.org/state-of-biodiversity-for-food-agriculture/en/>
29. FAO. *Comienza el Decenio de la Agricultura Familiar.* Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. [online]. 2020. <http://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/1196035/>
30. FAO; ITPS; GSB; SCBD; EC. *State of knowledge of soil biodiversity - Status, challenges and potentialities, Report 2020.* Rome, 2020. <https://www.fao.org/documents/card/es/c/cb1928en/>
31. FAESSEL, L., GOMY, Catherine, NASSR, Najat, TOSTIVINT, Clément, HIPPER, Clémence, DECHANTELOUP, Agnès. *Produits de stimulation en agriculture visant à améliorer les fonctionnalités biologiques des sols et des plantes – Étude des connaissances disponibles et recommandations stratégiques.* Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (MAAF), 2014. https://agriculture.gouv.fr/sites/default/files/documents/Rapport_final_ETUDE_Produits_de_stimulation_en_agriculture_2014_cle8632c3.pdf
32. FALKOWSKI, Paul G.; FENCHEL, Tom; DELONG, Edward F. The microbial engines that drive Earth's biogeochemical cycles. En: *science*, 2008, vol. 320, no 5879, p. 1034-1039. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1153213>
33. FARIAS TAPIA, Rubén; OLIVAS SÁNCHEZ, Martha Patricia; FLORES MARGEZ, Juan Pedro; MARTÍNEZ RUIZ, Nina del Rocío; ALVAREZ PARRILLA, Emilio. Efecto de la salinidad y nitrógeno inorgánico del suelo en los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de *Lycium berlandieri*. En: *Terra Latinoamericana*, 2019. Vol. 37 no. 1, p. 81-90. <https://doi.org/10.28940/tl.v37i1.388>
34. FAWEN, Li; MANJING, Zhang; YAOZE, Liu. Quantitative research on drought loss sensitivity of summer maize based on AquaCrop model. In: *International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards*, 2022. Vol 112, no 2. p. 1065-1084. https://ideas.repec.org/a/spr/nathaz/v112y-2022i2d10.1007_s11069-022-05218-w.html
35. FEIJOO, Alexander; CARVAJAL, Andrés; ZÚÑIGA, María; QUINTERO, Heimar; FRAGOSO, Carlos. Diversity and abundance of earthworms in land use systems in central-western Colombia. En: *Pedobiologia*, 2011, vol. 54, p. S69-S75. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2011.09.016>
36. FELTEN, Daniel; EMMERLING, Christoph. Effects of bioenergy crop cultivation on earthworm communities—A comparative study of perennial (*Miscanthus*) and annual crops with consideration of graded land-use intensity. En: *Applied Soil Ecology*, 2011, vol. 49, p. 167-177. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2011.06.001>
37. FENG-RUI, Li; LU-LU, Liu; JI-LIANG, Liu; KUN, Yang. Abiotic and biotic controls on dynamics of labile phosphorus fractions in calcareous soils under agricultural cultivation. In: *The Science of the total environment*, 2019. No 681. P. 163-174. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.091>
38. FRANZLUEBBERS, Alan. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. En: *Soil and Tillage Research*, 2002. Vol. 66 no. 2, 2002, p. 95-106. <https://pubag.nal.usda.gov/catalog/9929>
39. FRENE, Juan Pablo; GABBARINI, Luciano Andrés; WALL, Luis Gabriel. Efectos de la labranza en la estructura y la actividad biológica a nivel de los microagregados del suelo. En: *Ciencia del suelo. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo*, 2018. Vol. 36, no. 2, p. 50-61. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672018000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=es
40. GARCÍA-ÁLVAREZ, Avelino; BELLO, Antonio. Diversidad de los organismos del suelo y transformaciones de la materia orgánica. En: *Memorias. I Conferencia Internacional*
41. GIRALDO-PEREZ, Paulina; RAW, Victoria; GREVEN, Marc; Goddard, MATTEV. A small effect of conservation agriculture on soil biodiversity that differs between biological kingdoms and geographic locations. En: *Iscience*, 2021. vol. 24, no 4, p. 102280. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.102280>
42. HARRISON, P.A., et al. Linkages between biodiversity attributes and ecosystem services: A systematic review. En: *Ecosystem services*, 2014. vol. 9, p. 191-203. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.05.006>
43. GÓMEZ, Sandra Patricia; BERDUGO, Silvia Eugenia; CHIRIVÍ SALOMÓN, Juan Sebastián; PULIDO, Sandra Yamilé; CASADIEGO, Yulian; VINASCO GUZMÁN, Marta Cecilia; PALOMINO LEIVA, Martha Liliana. Prevención de la erosión y conservación de la fertilidad del suelo. En: *Servicios ecosistémicos: Un enfoque introductorio con experiencias del occidente Colombiano.* Bogotá: Sello Editorial UNAD, 2019, p. 172-187. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/book/article/view/3124?articlesBySameAuthorPage=2>

44. HELLEQUIN, Eve; MONARD, Cécile; QUAISER, Achim; HENRIOT, Morgane; KLARZYNSKI, Olivier; BINET, Françoise. Specific recruitment of soil bacteria and fungi decomposers following a biostimulant application increased crop residues mineralization. En: PLoS one, 2018, vol. 13, no 12, p. e0209089. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209089>
45. HELLEQUIN, Eve; MONARD, Cécile; CHORIN, Marion; LE BRIS, Nathalie; DABURON, Virginie; KLARZYNSKI, Olivier; BINET, Françoise. Responses of active soil microorganisms facing to a soil biostimulant input compared to plant legacy effects. En: Scientific Reports, 2020, vol. 10, no 1, p. 1-15. <https://www.nature.com/articles/s41598-020-70695-7>
46. IBÁÑEZ, Juan José. Funciones de los Organismos del Suelo: La biota Edáfica. Un Universo invisible bajo nuestros pies. En: FAO Portal, 2007. <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/03/25/62254>
47. JACQUEMYN, Hans; DUFFY, Karl; SELOSSE, Marc-André. Biogeography of orchid mycorrhizas. In: Tedersoo, L. (eds). Biogeography of Mycorrhizal Symbiosis. Ecological Studies (Analysis and Synthesis), 2017. Springer, Cham. p.159-177. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56363-3_8
48. JERNIGAN, Ashley B.; WICKINGS, Kyle; MOHLER, Charles L.; CALDWEL, Brian A.; PELZER, Christopher J.; WAYMAN, Sandra; RYAN, Matthew R. Legacy effects of contrasting organic grain cropping systems on soil health indicators, soil invertebrates, weeds, and crop yield. In: Agricultural Systems, 2020. vol. 177. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102719>
49. KASSAM, Amir; FRIEDRICH, Theodor; SHAXSON, Francis; PRETTY, Jules. The spread of conservation agriculture: justification, sustainability, and uptake. In: International Journal of agricultural sustainability, 2009. Vol. 7, no. 4, p. 292-320. <https://doi.org/10.3763/ijas.2009.0477>
50. KARYANTO, Agus; RAHMADI, Cahyo; FRANKLIN, Elizabeth Nazaré.; SUSILO, S. X.; MORAIS, José Wellington de. Collembola, Acari e outros grupos da mesofauna do solo – O método de Berlese. En: Fátima, M.; Moreira, S.; Huising, Jeroen; Bignell, David. (Editores). Manual de Biología dos Solos Tropicais. State of Minas Gerais: Editora UFLA, 2012. p. 135-150. https://www.researchgate.net/publication/260555206_Manual_de_biologia_de_suelos_tropicales_Muestreo_y_caracterizacion_de_la_biodiversidad_bajo_suelo/link/5f89edc292851c14bcc4afd/download
51. KOOCH, Yahya; MEHR, Milad Azizi; HOSSEINI, Seyed Mohsen. Soil biota and fertility along a gradient of forest degradation in a temperate ecosystem. En: CATENA, 2021. vol. 204, p. 105428. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105428>
52. LEHMANN, Johannes; BOSSIO, Deborah; KÖGEL-KNABNER, Ingrid; RILLIG, Matthias. The concept and future prospects of soil health. En: Nature Reviews Earth & Environment, 2020, vol. 1, no 10, p. 544-553. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0080-8>
53. MCCANN, Kevin Shear. The diversity–stability debate. En: Nature, 2000. vol. 405, no 6783, p. 228-233. <https://doi.org/10.1038/35012234>
54. MCGRADY-STEED, Jill; HARRIS, Patricia M.; MORIN, Peter J. Biodiversity regulates ecosystem predictability. En: Nature, 1997. vol. 390, no 6656, p. 162-165. <https://doi.org/10.1038/36561>
55. MCCAULEY, Ann; JONES, Clain; OLSON-RUTZ, Kathrin. Soil pH and Organic Matter: Nutrient Management Module No. 8.. Montana State University Extension, 16. 2017. <https://apps.msueextension.org/publications/pub.html?sku=4449-8>
56. MONSALVE, Óscar Iván; GUTIÉRREZ, Johan Sebastián; CARDONA, William Andrés. Factores que intervienen en el proceso de mineralización de nitrógeno cuando son aplicadas enmiendas orgánicas al suelo. Una revisión. En: Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 2017. Vol. 11, no. 1, p. 200–209. https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/5663
57. MONTENEGRO GÓMEZ, Sandra Patricia; BARRERA BERDUGO, Silvia Eugenia; MOSQUERA MENA, Ramón Antonio. Presencia de hongos micorrízicos arbusculares nativos asociados a la rizosfera de la palma naidí en Colombia. En: Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 2020. vol. 21, no 3, p. e1275. <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/1275>
58. MOREIRA, Fátima M. S.; SIQUEIRA, José Osvaldo. Microbiología y bioquímica do solo. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729 p. <https://sigaa.ufla.br/sigaa/verFoto?idFoto=309609&key=47c6fc8cf76761b91890ee0ab549cd37>
59. MURRAY, Rafael Martín; OROZCO, María Guadalupe; HERNÁNDEZ, Alberto; LEMUS, Clemente; NÁJERA, Oyolsi. El sistema agroforestal modifica el contenido de materia orgánica y las propiedades físicas del suelo. En: Avances en Investigación Agropecuaria, 2014. Vol. 18, no. 1, p. 23-31. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83729789003>
60. NICHOLLS, Clara; ALTIERI, Miguel; VÁZQUEZ, Luis. Agroecología: Principios para la conversión y el rediseño de sistemas agrícolas. En: Agroecología, 2017. vol. 10, no. 1 SE-Artículos, p. 61–72,.
61. NICOSIA, Salvador; FALCO, Liliana Beatriz; CASTRO HUERTA, Ricardo; SANDLER, Rosana Verónica; COVIELLA, Carlos Eduardo. Estructura de la comunidad de la mesofauna edáfica en dos suelos con distinta intensidad de uso. En: Ciencia del suelo, 2020. vol 38, n. 1, p. 72-80. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672020000100007&lng=es&nrm=iso.
62. NIELSEN, Uffe N.; WALL, Diana H. Soil biodiversity and the environment. 2015. <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-environ-102014-021257>
63. OSORIO, N.W. Cómo interpretar los resultados del análisis de fertilidad del suelo. En: Boletín del Manejo Integral del Suelo y la Nutrición Vegetal-Universidad Nacional de Colombia, 2012, vol. 1, no 6. https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/1%206%20Como%20interpretar%20analisis%20de%20suelos%20Valter%20Osorio_0.pdf
64. PAN-MING, Huang; MING-KUANG, Wang; CHIH-YU, Chiu. Soil mineral–organic matter–microbe interactions: impacts on biogeochemical processes and biodiversity in soils. En: Pedobiologia, 2005. Vol 49, no 6, p. 609-635. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2005.06.006>
65. PATRÓN OSUNA, Oscar Eduardo; VARGAS-HERNÁNDEZ, José Guadalupe. Factores internos y externos a la empresa que propician entornos de productividad en el sector privado. En: Libre Empresa. Septiembre 2019. vol. 16, no. 1. p. 64-78 <https://doi.org/10.18041/1657-2815/libreempres.2019v16n1.5910>
66. PÉREZ, Alexander; ROJAS, Johanna; MONTES, Donicer. Hongos formadores de micorrizas arbusculares: una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el caribe colombiano. En: Revista Colombiana de Ciencia Animal, 2011. vol. 3, no. 2, p. 366-385. <https://doi.org/10.24188/recia.v3.n2.2011.412>
67. PÉREZ, Alexander; FUENTES, Justo. Regresión logística en la evaluación de la esporulación de micorrizas en pasto *Bothriochloa pertusa* (L.) a. Camus. En: Revista Colombiana de Ciencia Animal, 2009. Vol. 1, no. 1, p. 1-18. http://www.recia.edu.co/documentos-recia/4_Micorrizas_Perez&Fuentes.pdf

68. PETERSEN, Paulo; TARDIN, José María; MAROCHI, Franciso. Participatory development of no-tillage systems without herbicides for family farming: the experience of the center-south region of Paraná. In: *Environment, Development and Sustainability*, 1999. vol. 1, no. 3-4, p. 235-252. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1010091208938>
69. PATIÑO, María Alejandra; SADEGHIAN, Siavosh; MONTOYA, Esther C. Caracterización de la fertilidad del suelo de la zona cafetera del Valle del Cauca mediante registros históricos. En: *Cenicafé*, 2006. Vol. 57, no. 1, p. 7-16.
70. PRIMAVESI, Ana. Manejo ecológico do solo. São Paulo: Nobel, 1999. 549p.
71. PRIMAVESI, Ana. Agroecologia e manejo do solo. Em: *Agriculturas*, 2008. Vol. 5, no. 3. <http://aspta.org.br/files/2019/10/artigo1.pdf>
72. REZAEI-MOGHADDAM, Kurosh; VATANKHAH, Nasim; AJILI, Abdolazim. Adoption of pro-environmental behaviors among farmers: application of Value-Belief-Norm theory. In: *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 2020. vol. 7, no. 1. <https://chembioagro.springeropen.com/articles/10.1186/s40538-019-0174-z>
73. RIVERA PÁEZ, Freddy Arvey; GONZÁLEZ SALAZAR, Viviana; GONZÁLEZ ACOSTA, Jorge Giovanni; OSSA LÓPEZ, Paula Andrea. Caracterización molecular, análisis morfológico y colonización micorrízica en la rizósfera del aguacate (*Persea americana* Mill) en Caldas, Colombia. En: *Acta Agronómica*, 2016. Vol. 65, no. 4, p. 398-405. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169945826012>
74. ROMERO-SALAZAR, Nilsa Ceneida; GALVIS-GRATZ, Johanna Marcela; MORENO-LÓPEZ, Jenny Paola. Hongos formadores de micorrizas aislados a partir de raíces de la orquídea *Rodriguezia granadensis* (LINDL.) RCHB. F. En: *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 2022. vol. 25, no. 1. <http://doi.org/10.31910/rudca.v25.n1.2022.2086>
75. SACCÁ, Maria Ludivica; CARACCILO, Anna Barra; DI LENOLA, Martina; GRENNI, Paola. Ecosystem services provided by soil microorganisms, Chapter 2. In: Lukac, M.; Genni, P.; Gamboni, M. (Ed). In: *Soil biological communities in ecosystems resilience*, 2017. p. 9-24. Switzerland: Springer International Publishing AG. https://doi.org/10.1007/978-3-319-63336-7_2
76. SALAMANCA-JIMENEZ, Alveiro; SALAZAR-GUTIÉRREZ, Luis Fernando; SADEGHIAN-KHALAJABADI, Siavosh. Respuesta del café a la fertilización con zinc en suelos de la zona cafetera colombiana. En: *Entramado*, 2021. vol. 17, no. 2, p. 268-279. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-38032021000200268
77. SALAMANCA, W. F.; BONILLA, Carmen Rosa; SÁNCHEZ, Manuel Salvador. Evaluación de seis abonos verdes en un vertisol ústico en condiciones del Valle del Cauca. En: *Acta Agronómica*, 2004. Vol. 53, no. 3, p. 55-60. https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/99
78. SÁNCHEZ DE PRAGER, Marina. Aportes de la biología del suelo a la Agroecología. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2018. 376 p. ISBN-13: 9789587835786
79. SÁNCHEZ DE PRAGER, Marina. Aportes de la biología del suelo a la agroecología. Palmira: Universidad Nacional de Colombia, 2018.
80. SÁNCHEZ DE PRAGER, Marina; BARRERA, Nancy; PRAGER, Martín; ZULUAGA, Iván; DE LA CRUZ, Gabriel; ÁNGEL, Diego. La agroecología: opción de bienestar. En: Universidad Nacional de Colombia, Colección del sesquicentenario (Eds.). Universidad y Territorio, 2017, p. 252-279.
81. SÁNCHEZ DE PRÁGUER, Marina; POSADA, Raúl; VELÁZQUEZ, Diana; NARVÁEZ, Magda. Metodologías básicas para el trabajo con micorriza arbuscular y hongos formadores de micorriza arbuscular. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2010. https://www.academia.edu/44170428/Metodolog%C3%ADas_b%C3%A1sicas_para_el_trabajo_con_Micorriza_arbuscular_y_hongos_formadores_de_micorriza_arbuscular
82. SÁNCHEZ-JIMÉNEZ, Wilson; NIETO-GÓMEZ, Libia Esperanza; CABRERA-OTÁLORA, Martha Isabel; PANESSO-JIMÉNEZ, Fernando; GIRALDO-DÍAZ, Reinaldo. La Comida de los pueblos y el sistema agroalimentario mundial. En "Criterio Libre. Jurídico", 2019. vol. 16, no. 2, pp. 56-74. <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/criteriojuridico/article/view/6400>
83. SANCLEMENTE, Óscar Eduardo. Efecto del cultivo de cobertura: *Mucuna pruriens*, en algunas propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo Typic Haplustalfs, cultivado con maíz (*Zea mays* L.) en zona de ladera del municipio de Palmira, Valle. Tesis para optar al título de Magister en Ciencias Agrarias. Énfasis suelos. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2009, 79 p. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/2459>
84. SIEVERDING, Ewald. Manual de métodos para la investigación de la micorriza vesículo-arbuscular en el laboratorio. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1983. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/ciat_digital/CIAT/books/historical/198.pdf
85. SIMARD, Suzanne; PERRY, David; JONES, Melanie; MYROLD, David; DURALL, Daniel; MOLINA Randy. Net transfer of carbon between ectomycorrhizal tree species in the field. In: *Nature*, 1997. No. 388, p. 579-582. <https://doi.org/10.1038/41557>
86. SIMARD, Suzanne; DURALL, Daniel. Mycorrhizal networks: a review of their extent, function, and importance. In: *Can J Bot.*, 2004. No. 82, p. 1140-1165.
87. SIWIK-ZIOMEK, Anetta; SZCZEPANEK, Małgorzata. Soil enzyme activity and sulphur uptake by oilseed rape depending on fertilization and biostimulant application. En: *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, 2018, vol. 68, no. 1, p. 50-56. <https://doi.org/10.1080/09064710.2017.1358762>
88. SOCARRÁS, Ana. Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. En: *Pastos y Forrajes*, 2013. Vol. 36, no. 1, p. 5-13. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942013000100001&lng=es&tlng=es
89. SOUTO, Patricia Carneiro; SOUTO, Jacob Silva; MIRANDA, José Romilson Paes de; SANTOS, Rivaldo Vital dos; ALVES, Allyson Rocha. Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob caatinga no semi-árido da Paraíba. Em: *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2008. Vol. 32, no. 1, p. 151-160. <https://www.scielo.br/rbcs/a/tkFXxcDqKjzb7DV9pVVTqHh/abstract/?lang=pt>
90. TANYA-MOROCHO, Mariuxi; LEIVA-MORA, Michel. Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. En: *Centro Agrícola*, 2019, vol. 46, no. 2, p. 93-103. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093
91. TITTONELL, Pablo; SCOPEL, Éric.; ANDRIEU, Nadine; POSTHUMUS, Helena; MAPFUMO, Prosper; CORBEELS, Marc; VAN HALSEMA, Gerardo E.; LAHMAR, Rabah; LUGANDU, S.; ROKOTOARISOA, Jacqueline; MTAMBANENGWE, Florence; POUND, Barry; CHIKOWO, Regis; NAUDIN, Krishna; TRIOMPHE, Bernard; MKONWA, Saidi. Agroecology-based aggradation-conservation agriculture (ABACO): Targeting innovations to combat soil degradation and food insecurity in semi-arid Africa. In: *Field Crops Research*, 2012. Vol. 132, p. 168-174. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.12.011>

92. TRENDON, N., VARAS, S.; ZENG, M. Tecnologías digitales en la agricultura y las zonas rurales. Documento de orientación. Roma. 2019. <https://www.fao.org/publications/card/es/c/CA4887ES/>
93. VALLEJO-CABRERA, Franco Alirio; SALAZAR-VILLARREAL, Myriam del Carmen; GIRALDO-DÍAZ, Reinaldo. Ciudadanía Ambiental y Escalamiento de La Agroecología En La Zona de Reserva Campesina de San Isidro, Pradera, Valle Del Cauca, Colombia. En: Revista Luna Azul, 2021. no. 52. p. 126-44, <https://doi.org/10.17151/luaz.2021.52.7>
94. VALLEJO CABRERA, Franco Alirio; SALAZAR VILLARREAL, Myriam del Carmen; GIRALDO-DÍAZ, Reinaldo; VICTORINO-RAMÍREZ, Liberio. Agroecosistemas campesinos de la Zona de Reserva Campesina -ZRC del corregimiento San Isidro, Pradera, Valle del Cauca, Colombia, En: Soberanía alimentaria y agroecología. Una apuesta desde la implementación del Acuerdo de Paz en Colombia, Cali: Universidad Libre - Universidad Nacional de Colombia, 2020, p. 62-86.
95. VÉLEZ Z., Francisco Javier Efecto de abonos verdes en la agregación y micorrización en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en un suelo de ladera de Palmira (Colombia). Tesis para optar al título de Magister en Ciencias Agrarias. Línea de Investigación en Suelos. Palmira: Universidad Nacional de Colombia. 2012 <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/20085>
96. VIEGAS-DAMÉ, Paulo Rogério; FERRERIRA DE QUADROS, Fernando Luiz; BICCA KERSTING, César Eduardo; PEREIRA TRINDADE, José Pedro; ANTONIOLLI, Zaida Ines. Efeitos da queima seguida de pastejo ou diferimento sobre o resíduo, temperatura do solo e mesofauna de uma pastagem natural. Em: *Ciência Rural*, 1996. Vol. 26, no. 3, p. 391-396. <https://plu.mx/scielo/a/?doi=10.1590/S0103-84781996000300008>
97. WAGG, Cameron, BENDER, Franz, WIDMER, Franco, VAN DER HEJJDEN, Marcel. Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. En: *Biological Sciences*, 2014. Vol 111, no 14, p. 5266-5270. <https://doi.org/10.1073/pnas.1320054111>
98. XUN, Weibing; ZHAO, Jun; XUE, Chao; ZHANG, Guishan; RAN, Wei; WANG, Boren; SHEN, Qirong; ZHANG, Ruifu. Significant alteration of soil bacterial communities and organic carbon decomposition by different long-term fertilization management conditions of extremely low-productivity arable soil in South China. En: *Environmental microbiology*, 2016. vol. 18, no 6, p. 1907-1917. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.13098>