

# Caracterización y manejo del grado de complejidad de los componentes y biodiversidad y su efecto en las arvenses y macrofauna edáfica de tres fincas integrales en el occidente de Nicaragua

Conrado Ronaldo Quiroz-Medina<sup>1,\*</sup> , Miguel Jerónimo Bárcenas-Lanzas<sup>1</sup> 

(1) Centro de Investigación y Reproducción de Controladores Biológicos, Departamento de Agroecología, Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinarias, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, 21000 Nicaragua.

(2) Departamento de Agroecología, Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinarias, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, 21000 Nicaragua.

\*Autor de correspondencia: C. Quiroz-Medina [[conrado.quiroz@ev.unanleon.edu.ni](mailto:conrado.quiroz@ev.unanleon.edu.ni)]

> Recibido el 10 de junio de 2023 - Aceptado el 16 de octubre de 2023

**Como citar:** Quiroz-Medina, C.R., Bárcenas-Lanzas, M.J. 2023. Caracterización y manejo del grado de complejidad de los componentes y biodiversidad y su efecto en las arvenses y macrofauna edáfica de tres fincas integrales en el occidente de Nicaragua. *Ecosistemas* 32(3):2591. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2591>

## Caracterización y manejo del grado de complejidad de los componentes y biodiversidad y su efecto en las arvenses y macrofauna edáfica de tres fincas integrales en el occidente de Nicaragua

**Resumen:** Caracterización y manejo del grado de complejidad de los componentes y biodiversidad y su efecto en las arvenses y macrofauna edáfica de tres fincas integrales en el occidente de Nicaragua. El funcionamiento eficiente de las fincas agropecuarias depende de las interacciones que ocurre en los componentes. El objetivo de este trabajo fue caracterizar el grado de complejidad en tres fincas integrales en el occidente de Nicaragua. El grado de complejidad de los diseños y manejo de la biodiversidad, se determinó con 6 componentes y 64 indicadores, cada indicador se evaluó mediante la escala de Vázquez. Se determinó la diversidad de la macrofauna aplicando la metodología recomendada por el Tropical Soil Biology and Fertility Programme (TSBF), se realizaron 24 monolitos por fincas. Se determinó la diversidad y abundancia de las arvenses, con la técnica de muestreo de transectos con 50 m de largo por un metro de ancho, se aplicó ocho transectos por fincas, en cada transecto se realizó cinco puntos de muestreos a una distancia de 10 m, realizando 40 puntos de muestreo por finca. Las tres fincas estudiadas poseen un coeficiente de diseño y manejo de su biodiversidad medianamente complejo. La mayor abundancia promedio de macrofauna edáfica se encontró en la finca Verdum, La finca Santa Ana y Girasol presentaron resultados similares de densidad promedio de macrofauna edáfica con 0.49 y 0.51 individuos/monolito, la mayor abundancia se encontraron en los primeros 10 cm. En la finca Girasol se encontró el mayor número de taxa de arvenses con 32 especies y 22.58 ind. m<sup>-2</sup>, finca Verdum y Santa Ana se encontraron 24 especie de arvenses, con 12.1 y 2.98 ind. m<sup>-2</sup> respectivamente.

**Palabras clave:** agroecología; diversidad; interacción; macroinvertebrados; sostenibilidad

## Characterization and management of the degree of complexity of the components and biodiversity and its effect on weeds and edaphic macrofauna of three integral farms in western Nicaragua

**Abstract:** Characterization and management of the degree of complexity of the components and biodiversity and its effect on the weeds and edaphic macrofauna of three integral farms in western Nicaragua. The efficient functioning of agricultural farms depends on the interactions that occur in the components. The objective of this work was to characterize the degree of complexity in three integral farms in western Nicaragua. The degree of complexity of the designs and management of biodiversity was determined with 6 components and 64 indicators, each indicator was evaluated using the Vázquez scale. The diversity of the macrofauna was determined applying the methodology recommended by the Tropical Soil Biology and Fertility Program (TSBF), 24 monoliths were made per farm. The diversity and abundance of weeds was determined, with the technique of sampling transects with 50 m long by one meter wide, eight transects were applied per farm, in each transect five sampling points were carried out at a distance of 10 m, carrying out 40 sampling points per farm. The three farms studied have a moderately complex design and management coefficient for their biodiversity. The highest average abundance of edaphic macrofauna was found in the Verdum farm. The Santa Ana and Girasol farms presented similar results of average density of edaphic macrofauna with 0.49 and 0.51 individuals/monolith, the highest abundance was found in the first 10 cm. The largest number of weed taxa was found on the Girasol farm with 32 species and 22.58 ind. m<sup>-2</sup>, Verdum and Santa Ana farms, 24 species of weeds were found, with 12.1 and 2.98 ind. m<sup>-2</sup> respectively.

**Key words:** agroecology; diversity; interaction; macroinvertebrates; sustainability

## Introducción

La integración y diversificación de rubros productivos no es la única solución para aumentar la complejidad de los agroecosistemas (Vázquez et al. 2012). El funcionamiento eficiente de los sistemas agropecuarios no depende solamente de los elementos de la biodiversidad que se introducen y habitan en el mismo (Tilman et al. 1998) y como señalan Odum y Sarmiento (1998), son esenciales sus interacciones. Los agroecosistemas complejos lo son cuando se dan procesos como: i) prácticamente todo influye en todo; ii) existen numerosas relaciones no lineales; iii) las causas y los efectos dictan en el tiempo y en el espacio; iv) la información es limitada y ambigua, y lleva tiempo en obtenerla (Moxnes 2000; Turner et al. 2016; Martínez-Valderrama 2021).

El sector agropecuario de Nicaragua contribuyó el 13.14% al Producto Interno Bruto en el 2021 (Banco Central de Nicaragua 2022), generando el 30% del empleo en el sector agropecuario de Nicaragua (Jiménez et al. 2020). El 90% de las fincas son de pequeños y medianos productores con un promedio de área de 30 ha con manejo convencional (Canu et al. 2018). Para mejorar estos sistemas agropecuarios en Nicaragua muchos agricultores han establecido sistemas agrosilvopastoriles, otros mantienen una cobertura arbórea dispersa y discontinua incluyendo pequeños fragmentos de bosques y bosque ripario, cercas vivas y frutales (Alemán et al. 2005) y otros que en sus sistemas agropastoriles implementan prácticas agroecológicas para hacer más diversificado el sistema. Por lo general, estos agroecosistemas son más complejos, por su diversificación, sinergismo y eficiencia.

Por otro lado, Nicaragua cuenta con información de diversas investigaciones realizadas bajo principios agroecológicos, tanto en los centros experimentales como en escenarios de productores privados y cooperativas y a pesar de que el gobierno actual ha desarrollado un andamiaje jurídico para promover la producción agroecológica u orgánica en Nicaragua como la ley de fomento a la producción agroecológica u orgánica (ley 765); esto ha venido a establecer propuestas integrales de desarrollo, dirigidas al enriquecimiento de la agrobiodiversidad y la introducción de alternativas agroecológicas en fincas integrales.

En las últimas tres décadas ha surgido un especial interés dentro del movimiento agroecológico mundial por encontrar metodologías dirigidas a medir la sostenibilidad de los agroecosistemas (Leyva et al. 1999; Maser y López-Ridaura 2000; FAO 2004). No obstante, no hay información científica que constatare las bondades del nivel o grado de esta complejidad desde el punto de vista sistemático (cultivo, crianza de animales, suelo, flora) para tal propósito se plantea dicha investigación para analizar la

complejidad de agroecosistemas de fincas integrales, incorporando indicadores para evaluar el diseño y manejo de la biodiversidad ofreciendo un diagnóstico que facilite la planificación para las transformaciones necesaria dentro del agroecosistema.

## Material y métodos

### Zona de estudio y selección de las fincas

El estudio se realizó en tres fincas integrales en el occidente de Nicaragua: Finca Girasol, N12°26'3.48255", W86°47'34.473" con una extensión de 9.2 ha, con suelos arenosos a una altura de 169 msnm, se implementa un manejo ecológico en cultivos ayote, yuca, plátano, cítricos, tomate y melón. Cabe señalar que la finca está destinada para fines didácticos con estudiantes y productores comunitarios. Todos los fertilizantes y bioinsecticidas que se aplican en los cultivos se elaboran a base de los recursos presentes en la finca. Finca Santa Ana Luis N12°31'50.39264", W86°51'33.98528" con una extensión de 10 ha con suelo franco arenoso a una altura de 141 msnm. Se implementa un manejo convencional, dependiendo de insumos externos para la finca. Se trabaja con rubro agrícola como plátano, maíz, guayaba, yuca, quequisque, frutales como aguacate, mango y coco y pecuario como cerdos de crianza y engorde y gallina de patio. La finca Verdum N12°23'2.53028", W86°50'9.24706", tiene una extensión de 9.2 ha con suelo franco arcilloso a una altura de 79 msnm. Se realiza un manejo convencional con la aplicación de plaguicidas y fertilizantes sintéticos para cultivos de plátano, maní, maíz, y frutales como cítrico. Las fincas se clasifican como integrales ya que se trabaja con rubro pecuario como cerdo y gallina de patio y agrícola, integrando más de dos rubros productivos.

### Recopilación de datos

#### *Diseños y manejo de la biodiversidad*

Se realizó a través de la metodología Vázquez (2013) que consiste en seis componentes distribuidos en 64 indicadores que caracteriza al agroecosistema en diferentes grados de complejidad de sus diseños y manejo de la biodiversidad (Tabla 1). Se evaluó cada indicador mediante una escala de 0 a 4 grados, considerando el último valor de la escala (4) como óptimo y 0 como simplificado (Tabla 2). El proceso de diagnóstico se realizó mediante visitas directas a los productores de las fincas. Al concluir el proceso del diagnóstico, se determinó el **Coefficiente de Manejo de la Biodiversidad (CMB)** de fincas integrales mediante la siguiente expresión:  $CMB = \frac{\sum (EDMBPr + Mcs + MCA + MISRPr + DMBAu + EBAs)}{6}$ .

**Tabla 1.** Indicadores y fórmula para calcular los componentes y el Coeficiente de Manejo de la Biodiversidad (CMB) de tres fincas integrales (Girasol, Santa Ana Luis y Verdum) en el occidente de Nicaragua.

**Table 1.** Indicators and formula to calculate the components and the Biodiversity Management Coefficient (BMC) of three integral farms (Girasol, Santa Ana Luis and Verdum) in western Nicaragua.

Componentes	Indicadores	Fórmula	CMB
Diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad productiva (DMBPr)	18	$DMBPr = \frac{\sum (2Pr1 + Pr2 + 2Pr3 + Pr4 + Pr5 + Pr6 + Pr7 + Pr8 + Pr9 + Pr10 + Pr11 + 3Pr12 + Pr13 + Pr14 + Pr15 + Pr16 + Pr17 + 2Pr18)}{23}$	Coeficiente de manejo de la biodiversidad (CMB)
Manejo y conservación de suelo (MCS)	7	$MCS = \frac{\sum (2S1 + S2 + S3 + 2S4 + S5 + S6 + S7)}{9}$	
Manejo y conservación de agua (MCA)	5	$MCA = \frac{\sum (A1 + A2 + 2A3 + 2A4 + A5)}{7}$	
Manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos (MISRPr)	5	$MISRPr = \frac{\sum (I1 + 2I2 + I3 + 2I4 + I5)}{5}$	
Diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad productiva auxiliar (DMBAu)	15	$DMBAu = \frac{\sum (2Au1 + Au2 + 2Au3 + Au4 + 3Au5 + Au6 + Au7 + 2Au8 + Au9 + 2Au10 + Au11 + Au12 + Au13 + 2Au14 + Au15)}{22}$	
Elementos de la biodiversidad asociada (EBAs)	14	$EBAs = \sum [As1 + As2 + As3 + As4 + As5 + As6 + As7 + As8 + As9 + As10 + 2As11 + As12 + 2As13 + As14]/16$	
		$CMB = \frac{\sum [DMBPr + MCS + MCA + MISRPr + DMBAu + EBAs]}{6}$	
	6	64	1

**Tabla 2.** Nivel de complejidad para la caracterización del manejo de la biodiversidad de tres fincas integrales (Girasol, Santa Ana Luis y Verdum) en el occidente de Nicaragua.

**Table 2.** Level of complexity for the characterization of biodiversity management of three integral farms (Girasol, Santa Ana Luis and Verdum) in western Nicaragua.

CMB	Grado de complejidad
0-1.0	Simplificado (s)
1.1-2.0	Poco complejo (pc)
2.1-3.0	Medianamente complejo (mc)
3.1-3.5	Complejo (c)
3.6-4.0	Altamente complejo (ac)

CMB= Coeficiente de Manejo de la Biodiversidad

DMBPr= Diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad productiva

MCS= Manejo y conservación de suelo

MCA= Manejo y conservación de agua

MISRPr= Manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos

DMBAu= Diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad productiva auxiliar

EBAs= Elementos de la biodiversidad asociada

Posterior a esto, se clasificó cada finca integral, determinando así el Coeficiente de Manejo de la Biodiversidad (CMB) alcanzado por los diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad (Tabla 2).

Para sustentar el diagnóstico del manejo de la biodiversidad en las fincas integrales estudiadas, se realizó una caracterización de la diversidad de la macrofauna edáfica y arvenses.

#### Macrofauna edáfica

Para poder analizar y comprender los indicadores biológicos del suelo, en especial la macrofauna, los muestreos se realizaron en los meses de agosto a noviembre, ya que el suelo presenta un buen porcentaje de humedad, esto permite el incremento de diversidad edáfica.

El método empleado para muestrear la macrofauna se asemeja al propuesto por el Programa de Biología y Fertilidad del Suelo Tropical (TSBF, por sus siglas en inglés) según Anderson e Ingram (1993). Se realizaron 24 monolitos por cada finca integral. En cada finca se subdividieron en cuatro subsistemas considerando vegetación, cultivos anuales, cultivos perennes y pasturas, teniendo así mayor representatividad por finca. En cada subsistema se realizaron 6 monolitos a una distancia de 6 metros distribuidos en X evitando el efecto de borde. Cada monolito tenía la dimensión de 25 x 25 x 30 cm. La recolecta se realizó manualmente in situ, hasta los 30 cm de profundidad, explorando los estratos de hojarasca, 0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm, según lo planteado por Moreira et al. (2012). Las muestras recolectadas se trasladaron al Laboratorio de Entomología del Departamento de Agroecología de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, para su respectiva identificación. Se extrajeron los especímenes de los frascos con cuidado y se colocaron en papel toalla para retirar humedad para luego colocarlo en un plato petri y se observaron con ayuda de un estereoscopio Westover scientific, donde se detallaron sus estructuras particulares de cada espécimen desde filo hasta familia. Para la identificación se utilizaron claves taxonómicas de diferentes literaturas (King y Saunders 1984; Andrews y Caballero 1990; Coto-Alfaro 1998; Maes 1998; Serna y Vergara 2001), también se realizaron comparaciones de los especímenes con las imágenes publicadas en la Página de BUDGUIDE disponible en <http://bugguide.net/node/view/15740> siguiendo la metodología de Quiroz et al. (2021).

#### Diversidad de las arvenses

Para determinar la diversidad y abundancia de arvenses en las fincas, se llevó a cabo por la técnica de muestreo de transectos con una longitud de 50 m de largo por un metro de ancho. Se aplicó 8 transectos por fincas, en cada transecto se realizó cinco puntos de muestreo a una distancia de 10 metros, realizando 40 puntos de muestreo por finca (Canizales et al. 2010).

En cada punto de muestreo se utilizó un marco cuadrado para delimitar un área de 1 m<sup>2</sup> (Blanco y Leiva 2010). En este metro cuadrado se colectaron todas las especies de arvenses encontradas y se preservaron en una prensa botánica. Para la identificación se hizo uso de los trabajos de Muñoz y Pitty (1994a), Muñoz y Pitty (1994b), Pitty (1997), Toval-Herrera y Rueda-Pereira (2009).

#### **Análisis de los datos**

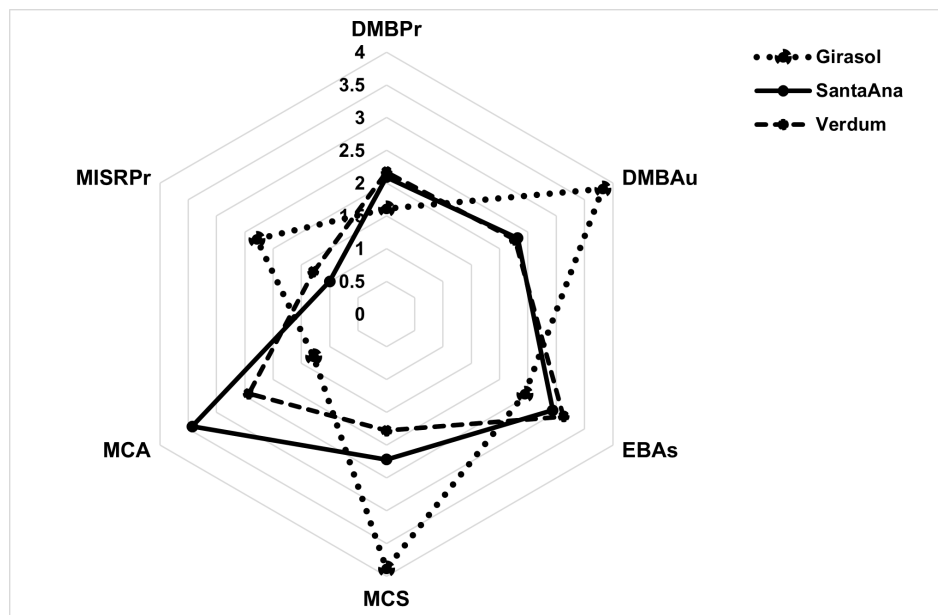
Los datos obtenidos del diagnóstico de complejidad de cada componente de las fincas se presentaron en gráfico radial elaborado en Microsoft Excel, se realizó un análisis de clúster usando el índice de similitud Bray-Curtis tomando en cuenta los valores de los seis componentes, el análisis se realizó utilizando el software PAST versión 4.10; los valores de los 64 indicadores se compararon mediante la prueba de Kruskal-Wallis para las tres fincas integrales, se utilizó el software SPSS versión 21.0.

Se determinó la diversidad alfa (Índice Shannon- Wiener (H') y Simpson(D)), para macrofauna edáfica, se aplicó la prueba de t Hutcheson para comparar los valores H' y D, entre las fincas (Verdum-Santa Ana, Verdum-Girasol y Girasol-Santa Ana) (Hutcheson 1970); de igual manera se determinó la diversidad alfa (Índice Shannon y Pielou) para las arvenses en las tres fincas, estos se calcularon con el software PAST (Avilés-Ramírez et al. 2018). Para determinar las variaciones de la densidad de la macrofauna edáfica y arvenses para las tres fincas integrales, se empleó la prueba de Kruskal-Wallis (Oumarou Ngoute et al. 2023), el procesamiento estadístico se realizó con software estadístico SPSS.

## **Resultados**

### **Coeficiente del manejo de la biodiversidad**

Los resultados del diagnóstico de los componentes de diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad, la finca Girasol obtuvo un coeficiente de manejo de la biodiversidad (CMB) de 2.56, la finca Santa Ana 2.33 y la finca Verdum 2.18, como medianamente compleja las tres fincas (Tabla 2, Fig. 1) no siendo diferentes estadísticamente ( $P = 0.608$ ). Sin embargo, la finca Girasol presentó un valor más alto teniendo dificultad en los componentes de diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad productiva, manejo y conservación de agua y estado de los elementos de la biodiversidad asociada. Mientras que las fincas Santa Ana y Verdum presentan dificultad en los componentes de manejo, intervención sanitaria en rubros productivos, manejo conservación de suelo y diseño y manejo de la



**Figura 1.** Diagnóstico de los componentes de diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad de tres fincas integrales en el occidente de Nicaragua. DMBPr= Diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad productiva. MCS= Manejo y conservación de suelo, MCA= Manejo y conservación de agua, MISRPr= Manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos, DMBAu= Diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad productiva auxiliar, EBAs= Elementos de la biodiversidad asociada.

**Figure 1.** Diagnosis of the components of design and management of the elements of biodiversity of three integrated farms in western Nicaragua. DMBPr= Designs and management of the elements of productive biodiversity. MCS= Soil management and conservation, MCA= Water management and conservation, MISRPr= Management of sanitary interventions in productive areas, DMBAu= Designs and management of elements of auxiliary productive biodiversity, EBAs= Elements of associated biodiversity.

biodiversidad auxiliar (Fig. 1). Al realizar un análisis de clustre de los seis componentes para las tres fincas tomando en cuenta la similitud Bray-Curtis, se obtuvo dos grupos: uno formado por Verдум y Santa Ana y otro grupo solamente con Girasol (Fig. 2).

Con respecto a la macrofauna edáfica se identificaron 29 taxones, los cuales correspondieron a fauna de artrópodos (Insectos, Arañas, Cien pié, Mil pié y Cochinilla), Anélidos (lombriz de tierra) y Moluscos. Las familias que se encontraron con más frecuencias fueron Formicidae (hormiga), Scarabaeidae (larva de escarabajo), Lumbricidae (lombriz de tierra), Paradoxosomatidae (Mil pié), Tenebrionidae (Gusano alambre) y Gryllotalpidae (Grillo topo) (Tabla 3).

La mayor densidad promedio de macrofauna edáfica se encontró en la finca Verдум con 1.07 individuos/0.01875 m<sup>3</sup> (Fig. 3) predominando la familia Lumbricidae con 23% de frecuencia, seguido por la familia Paradoxosomatidae con un 21% y Formicidae con 17% (Tabla 3). Las fincas Santa Ana y Girasol obtuvieron resultados muy similares de abundancia con 0.49 y 0.51 individuos/0.01875 m<sup>3</sup> (Fig. 3). Para el caso de la finca Santa Ana las familias que se encontraron con mayor frecuencia fueron Lumbricidae con 27%, Paradoxosomatidae y Escarabaeidae con 20% respectivamente y Gryllotalpidae con 18% de frecuencia y la finca Girasol fueron Formicidae con 46%, Scarabaeidae con 27% y Tenebrionidae con 10% (Tabla 3).

La finca Verдум fue estadísticamente diferente con respecto a las fincas Santa Ana y Girasol en cuanto a abundancia de macroinvertebrados edáficos, mientras que Santa Ana y Girasol no difieren (Fig. 3).

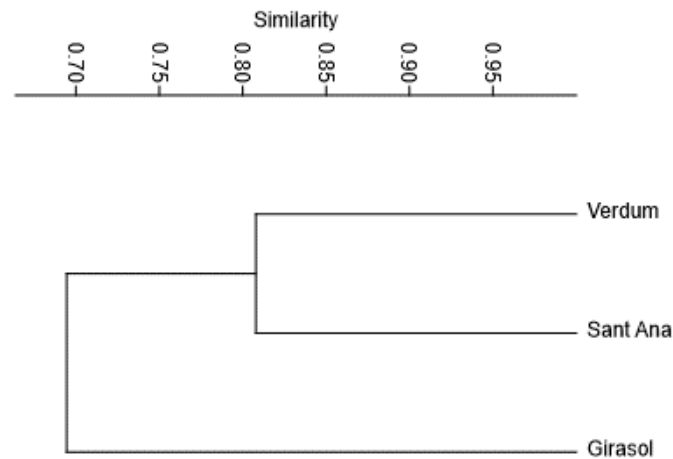
La mayor cantidad de macrofauna se encuentra en los primeros 20 cm de profundidad en las tres fincas estudiadas. La finca Verдум obtuvo la mayor abundancia promedio en el estrato de 0-10 cm con 1.24 individuos, seguidos por los estratos hojarasca y 10-20 cm con 1.11 individuos. En la finca Santa Ana en el estrato de 0-10 cm se encontró 0.87 individuos y en hojarasca 0.51 individuos y en la finca Girasol en el estrato de 0-10 cm se encontraron 0.72 individuos y en hojarasca 0.5 individuos, existiendo diferencia estadística en los estratos en las fincas Santa y Verдум (Fig. 4).

En cuanto a la diversidad de las poblaciones de macrofauna edáfica (Fig. 5) los valores más altos para el índice de Shannon (H') fueron para la finca Verдум (H': 2.3) seguido por la finca Santa Ana (H': 1.8) y Girasol (H': 1.5), según la prueba de t Hutchenon existe diferencias estadísticas entre la finca Verдум con Santa Ana, Verдум con Girasol y pero no con Santa Ana y Girasol. Este comportamiento fue similar con el índice de Simpson (1-D) con valores más altos para la finca Verдум (0.86). El índice de Shannon aumenta cuando la abundancia y riqueza son homogéneas. Para el caso de la finca Girasol, siendo más ecológica, presentó un menor índice H', debido a que la abundancia no es uniforme, predominando la familia Formicidae con un 47% de frecuencia, lo cual hace disminuir el índice de H'.

Se encontró un total de 58 especies de arvenses en las tres fincas estudiadas. En la finca Girasol se encontró el mayor número de taxa con 32 especies, predominando la especie de Coyolillo (*Cyperus rotundus* L.) con una frecuencia de 30%, seguido por la especie de escoba (*Sida rhombifolia*) con un 18.5% de frecuencia. En la finca Santa Ana y Verдум se encontraron con el mismo número de taxa con 24 especies, en la finca Santa Ana la especie que se encontró con mayor frecuencia fue coyolillo (*Cyperus rotundus*) con 21.4%, seguido por la especie *Ipomoea* sp con un 11.9% de frecuencia y en la finca Verдум la especie Zacate (*Leptochloa filiformis*) fue la que presentó mayor frecuencia con 47.5% seguido por *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. con 14% de frecuencia (Tabla 4). Se encontraron cinco especies en común en las tres fincas, 15 especie particulares en la finca Girasol, 12 en Verдум y 10 en Santa Ana (Fig. 6).

La mayor densidad promedio de arvenses por metro cuadrado se encontró en la finca Girasol con 22.58 ind. m<sup>-2</sup> seguido por la finca Verдум con 12.1 ind. m<sup>-2</sup> y la finca Santa Ana con 2.98 ind. m<sup>-2</sup>, mostrando así diferencia estadística la finca Girasol con las demás fincas en estudio (Tabla 5).

En la finca Santa Ana se encontró mayor riqueza de especie de arvenses, cuyas poblaciones son uniformes. Basado en el índice de Shannon la finca Santa Ana tiende a ser más diversa con un índice de 2.75, seguidos por la finca Girasol con un índice 2.50 de riqueza de arvenses, mientras que la finca Verдум



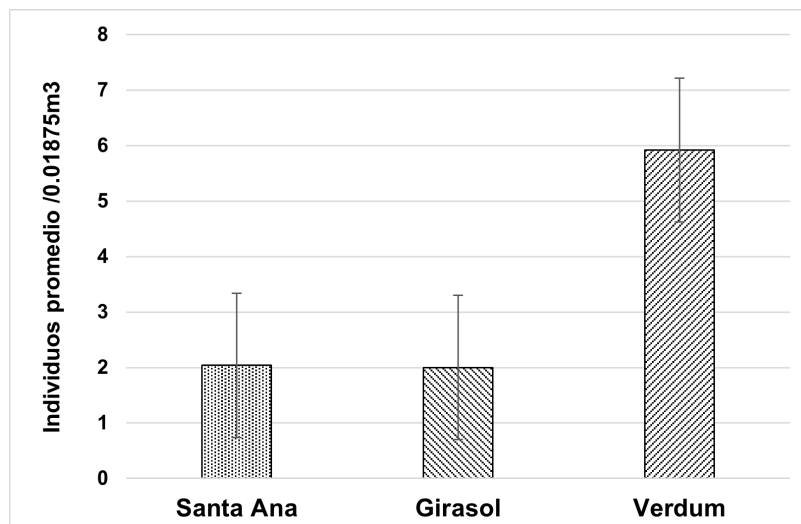
**Figura 2.** Análisis de similitud de los componentes de diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad de tres fincas integrales en el occidente de Nicaragua.

**Figure 2.** Similarity analysis of the components of design and management of the elements of biodiversity of three integrated farms in western Nicaragua.

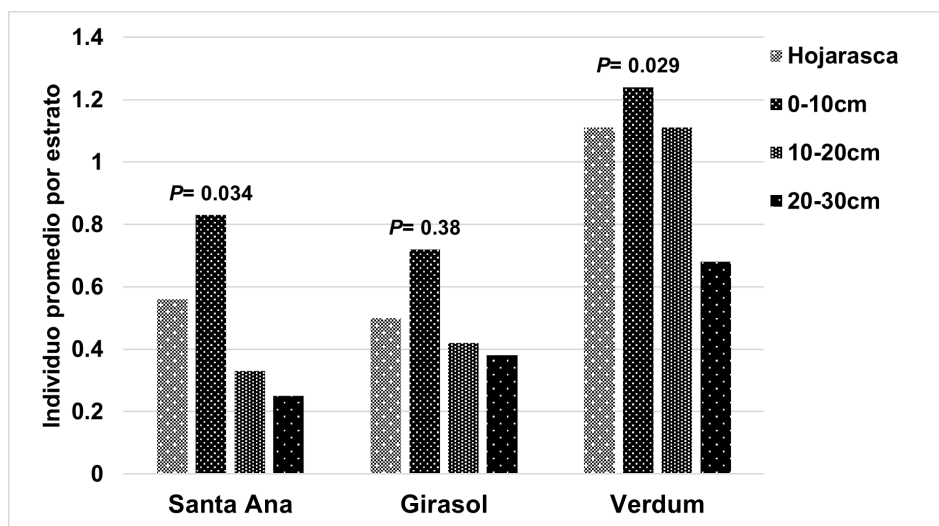
**Tabla 3.** Composición taxonómica y porcentaje de frecuencia de la macrofauna edáfica en tres fincas integrales Santa Ana, Girasol y Verdum en el occidente de Nicaragua.

**Table 3.** Taxonomic composition and frequency percentage of the edaphic macrofauna in three integral farms Santa Ana, Girasol and Verdum in western Nicaragua.

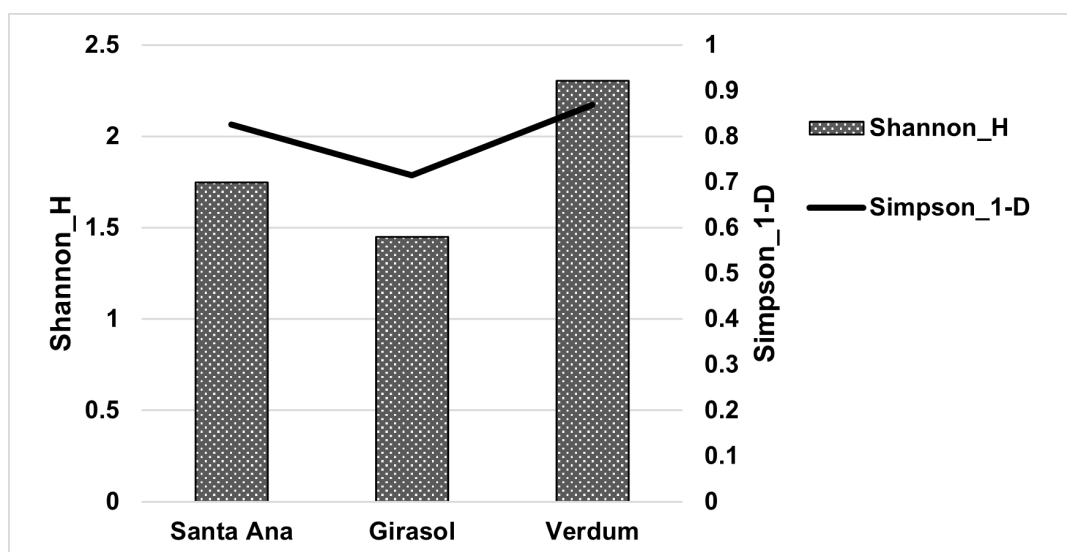
Filo	Clase	Orden	Familia	Santa Ana	Girasol	Verdum
				Frecuencia %		
Arthropoda	Insecta	Coleoptero	Bolboceratidae	2		
			Carabidae	2		4
			Scarabaeidae	20	27	4
			Tenebrionidae	4	10	6
			Curculionidae		4	1
			Elateridae			2
			Staphilinidae			3
		Himenoptero	Formicidae	2	46	17
		Hemiptero	Scutelleridae			1
			Nabidae			1
			Cicadellidae			1
			Coreidae			4
			Reduviidae			1
		Pentatomidae		2		
		Lepidóptero	Erebidae			1
			Noctuidae		4	4
		Orthoptero	Gryllotalpidae	18		1
			Gryllidae		2	
		Neuroptero	Chrysopidae			1
		Blattodea	Blatellidae			1
Isopoda	Philoscidae		2			
	Porcellionidae			1		
Isóptero	Termitidae		2			
Aracnido	Araneae			1		
Chilopodo	Scolopendromorpha		2			
	Geophilomorpha			1		
Diplopodo	Polydesmida		20	21		
Molusco	Gastropoda	Pulmonata		2		
Annelida	Clitellata	Crassiclitellata	27		23	
Total				100	100	100



**Figura 3.** Densidad promedio de macrofauna edáfica de tres fincas integrales en el occidente de Nicaragua.  
**Figure 3.** Average density of edaphic macrofauna of three integral farms in western Nicaragua.



**Figura 4.** Abundancia de macrofauna edáfica por estratos de tres fincas integrales en el occidente de Nicaragua.  
**Figure 4.** Abundance of edaphic macrofauna by strata of three integral farms in western Nicaragua.



**Figura 5.** Diversidad alfa de tres fincas integrales en el occidente de Nicaragua.  
**Figure 5.** Alpha diversity of three integral farms in western Nicaragua.

**Tabla 4.** Taxa y porcentaje de frecuencia de arvenses en tres fincas integrales Santa Ana, Girasol y Verdum en el occidente de Nicaragua.**Table 4.** Taxa and frequency percentage of weeds in three integral farms Santa Ana, Girasol and Verdum in western Nicaragua.

Especies	Girasol	Santa Ana	Verdum
<i>Abutilon grandifolium</i>	8.2		
<i>Abutilon</i> sp	1.9		
<i>Aeschynomene americana</i>	0.8		
<i>Amaranthus spinosus</i>	0.1		4.1
<i>Aristolochia anguicida</i>	2.3		
<i>Blumea balsamifera</i>			1.7
<i>Capraria biflora</i>		1.9	
<i>Cenchrus echinatus</i>			0.2
<i>Chamaesyce hirta</i>	5.6	2.5	0.2
<i>Commelina diffusa</i>			2.5
<i>Commelina erecta</i>		1.9	3.1
<i>Cynodon dactylon</i>	0.2		
<i>Cyperus rotundus</i>	30.1	21.4	2.5
<i>Desmodium triflorum</i>	0.9		
<i>Desmodium uncinatum</i>	0.1		
<i>Digitaria sanguinalis</i>	0.2		14.9
<i>Eclipta prostrata</i>	2.0	0.6	
<i>Eleusine indica</i>		5.0	
<i>Erigeron sumatrensis</i>		1.9	
<i>Euphorbia hirta</i>			0.2
<i>Gleusine indica</i>			1.4
<i>Gramineas</i> sp			0.8
<i>Herissantia crispera</i>	2.4		
<i>Hypochoeris achyrophorus</i>		4.4	
<i>Ipomoea indica</i>	0.2		
<i>Ipomoea minutiflora</i>		4.4	
<i>Ipomoea purpurea</i>	0.7	6.9	
<i>Ipomoea</i> sp		11.9	
<i>Ipomoea trifida</i>		1.3	
<i>Laportea aestuans</i>			0.4
<i>Laportea canadensis</i>	0.3		
<i>Leptochloa filiformis</i>			47.5
<i>Ligustrum vulgare</i>			0.6
<i>Melampodium divaracatum</i>	3.5	5.0	0.2
<i>Mimosa pudica</i>		1.3	0.0
<i>Mitracarpus hirtus</i>		1.9	0.0
<i>Mollugo verticillata</i>	1.1		
<i>Oclemena aluminata</i>	1.1		
<i>Oldenlandia lancifolia</i>	1.8		
<i>Oplismenus burmanni</i>	0.3	3.1	
<i>Oplismenus undulatifolius</i>		3.1	
<i>Passiflora menispermifolia</i>		0.6	
<i>Phyllanthus amarus</i>	0.8	6.3	4.5
<i>Portulaca oleracea</i>	3.2	1.3	2.3
<i>Priva lappulacea</i>			3.1
<i>Psychotria nervosa</i>			0.2
<i>Scoparia dulcis</i>		1.9	
<i>Sida acuta</i>	6.0		0.2
<i>Sida rhombifolia</i>	18.5	0.6	0.2
<i>Solanum americanum</i>	0.6	8.8	
<i>Spermacoce verticillata</i>	2.0		0.8
<i>Stemodia</i> sp	0.2		
<i>Tilia platyphyllos</i>	1.9		
<i>Tithonia diversifolia</i>			0.2
<i>Tithonia tubaeformis</i>	0.1		
<i>Tithonia tubiformis</i>			8.1
<i>Urochloa mollis</i>	0.3		
<i>Waltheria indica</i>	2.4	4.8	
	100	100	100

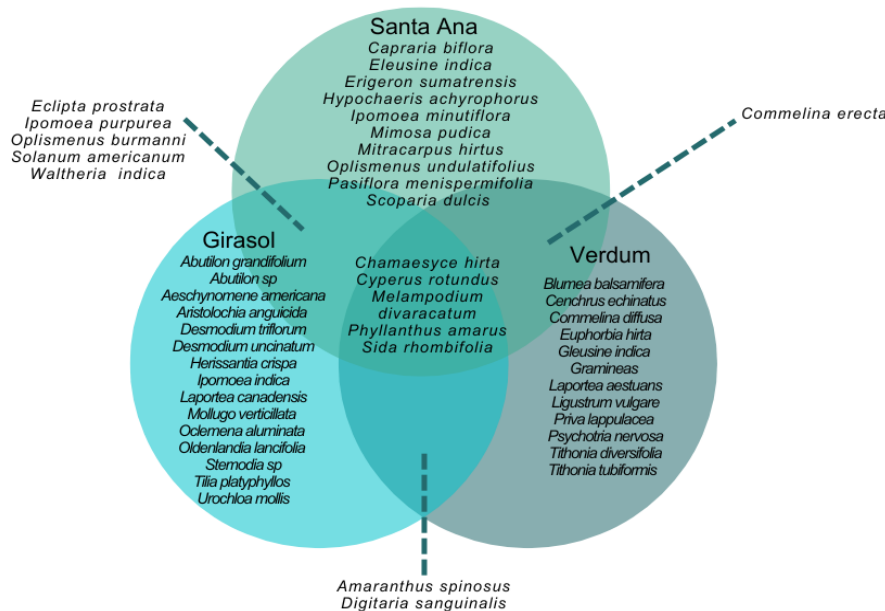


Figura 6. Especies de arvenses particulares de cada finca y comunes en las tres fincas integrales.

Figure 6. Species of particular weeds of each farm and common in the three integral farms.

Tabla 5. Análisis de biodiversidad en tres fincas integrales Santa Ana, Girasol y Verdum en el occidente de Nicaragua.

Table 5. Analysis of biodiversity in three integral farms Santa Ana, Girasol and Verdum in western Nicaragua.

	Girasol	Santa Ana	Verdum
Riqueza específica	32	24	24
No. de individuos	903	159	484
Simpson 1-D	0.86	0.91	0.74
Shannon H	2.50	2.75	1.96
Equidad J	0.7203	0.8662	0.6172
Densidad Promedio (Ind./m)	22.58a*	2.98b	12.1c

\* Letras diferentes muestra diferencia estadística según la prueba de Kruskal-Wallis

obtuvo un índice de 1.96 (Tabla 5); este mismo comportamiento se presentó con el índice de Simpson. A pesar de que la finca Girasol con mayor número de especies y abundancia, presentó menor diversidad según el índice de Shannon en comparación con Santa Ana.

La uniformidad de Pielou (J) debe ser analizada junto al H' y varía del 0 a 1, indicando dominancia de algunas especies por sobre otras, aumentando cuando la distribución de especies es totalmente homogénea. Al comparar la finca Girasol, Santa Ana y Verdum, la finca Girasol es más diversa, con mayor dominancia y más equitativa (Tablas 4 y 5).

### Discusión

Los resultados del Coeficiente de Manejo de la Biodiversidad de las tres fincas estudiadas son similares a los reportados por Lezcano-Fleires (2020), finca clasificada respecto a los diseños y manejos de la biodiversidad medianamente compleja y Vásquez-Moreno (2013) con valores entre 2.35 y 1.3 clasificadas como medianamente compleja y simplificada respectivamente. Por otro lado, en un contexto similar al anteriormente descrito, Vargas-Batis et al. (2014) y Galindo-Maturell et al. (2019), estudiaron entidades productivas reportando fincas simplificadas que presentaron dificultad en los componentes biodiversidad funcional introducida y biodiversidad nociva.

A pesar de que la finca Girasol no tiene rubro animal, fue más compleja que las demás fincas (Fig. 2a, b). De manera general,

la finca Santa Ana a pesar de tener rubro animal incorporado en sus sistemas trabajando con cerdos de reproducción y engorde, no suministra alimentos existentes de la finca para consumo de los animales, dependiendo solamente de insumos externos. Con respecto a la finca Verdum tiene rubro animal como cerdo y aves de patio, pero no se maneja para generar ingresos económicos, sin embargo, usa recursos alimenticios disponibles en la finca como banano, maní, maíz para la alimentación de los animales.

Las tres fincas estudiadas presentaron resultados similares en cuanto al coeficiente de Manejo de la Biodiversidad, sin embargo, se resalta la necesidad de seguir trabajando para tener fincas complejas a largo plazo. Para lograr esto se necesita imitar lo más cerca posible las cualidades que ocurren en un ecosistema natural, como el flujo de energía que ocurre en un complejo de conjunto de interacciones tróficas, fomentar el ciclo de nutrientes aprovechando todos los recursos animales y vegetales, contribuir al mecanismo de regulación de poblaciones al disminuir el uso de sustancias tóxicas, conservando así la biota benéfica, Gliessman et al. (2007) expresa que estas cualidades son alteradas cuando se convierten en un agroecosistema simplificado. Desarrollar capacidad de los agricultores para evaluar, diseñar y manejar la biodiversidad adecuada en sus fincas es un aspecto estratégico de la transición agraria, ya que son ellos quienes mejor entienden el sistema y pueden decidir sobre los mejores métodos a aplicar (Díaz et al. 2011). Por esta razón, es importante que comprendan las relaciones funcionales entre los componentes de la biodiversidad, principalmente aquellos que impulsan las interacciones para sistemas de producción eficientes.



El funcionamiento eficiente de las fincas agropecuarias no depende solamente de las especies animales o vegetales que se introducen y habitan en la finca (Tilman et al. 1998), como señalan Odum y Sarmiento (1998), son esenciales las interacciones que ocurren con los elementos de la biodiversidad permitiendo tener fincas complejas con biodiversidad funcional. Altieri (1994) y Gliessman (1998) manifestaron que, en el contexto de una biodiversidad funcional, es posible iniciar sinergismo que contribuyan a favorecer procesos en las fincas agropecuarias al ofrecer servicios ecológicos tales como la activación de la biología del suelo, el ciclo de nutrientes, el fomento de artrópodos benéficos para la regulación de insectos plagas. La complejidad y estabilidad de los sistemas agrícolas, de manera parecida a la de los sistemas naturales, se basan en su diversidad. Peña et al. (2018) expresaron que los índices de sostenibilidad en sistemas agroforestales aumentan, cuando la riqueza de especies vegetales aumenta. Esta diversidad, constituida por un mosaico de elementos, el paisaje agrario, relacionados por una serie de flujos (materiales, energía, organismos, etc.) horizontales entre ellos y verticales dentro de cada uno de ellos en interacción con el uso local de los recursos propios de las fincas, es la base para una gestión de agroecosistemas sostenibles y el diseño de prácticas que mantengan o aumenten la fertilidad, la productividad y la calidad de las producciones (Sans 2007).

La mayor abundancia de macroinvertebrados edáficos, se presentó en la finca Verdum este valor se atribuye por el tipo de suelo franco arcilloso que predomina en la finca, mientras que en la finca Girasol se caracteriza por presentar un suelo arenoso rico en ceniza de origen volcánico de igual manera para la finca Santa Ana. A pesar de que la finca Girasol incorpora biomasa orgánica, no presentó mayor abundancia de macrofauna debido a que aplica de manera localizada y no en toda la superficie de la finca. La textura del suelo y el contenido de carbono orgánico son los principales factores que influyen en la abundancia de la macrofauna edáfica (Edwards y Bohlen 1996; Baker et al. 1998). Un mayor contenido de partículas finas tiende a mantener la humedad del suelo y, por lo tanto, puede afectar positivamente la reproducción de la macrofauna edáfica (Joschko et al. 2009) principalmente a artrópodo con funciones de detritívoro como paradoxomatidae y lumbricidae. En función a la estructura del suelo, el contenido de limo puede contribuir hasta un 38% en la diversidad de macrofauna edáfica (Gholami et al. 2016). Por lo tanto, nuestras observaciones, en parte, apoyan los hallazgos de Joschko et al. (2009) demostrando que la estructura del suelo influye en la abundancia y diversidad de la macrofauna edáfica. Esto no quiere decir que los suelos arenosos no son propicios para artrópodos edáficos, en nuestros resultados se demuestra que los miembros de la familia formicidae predominan en suelos arenosos.

La macrofauna edáfica está influenciada por los atributos químicos y físicos del suelo, humedad, limitando así la dispersión y el establecimiento de estos organismos (Suarez-Salazar et al. 2015; Rosa et al. 2015), estos mismos autores manifiestan que el contenido de materia orgánica y bioporos entre los atributos químicos y físico del suelo tienen una alta correlación con los grupos de macrofauna, posiblemente porque condicionan la distribución en los diferentes sistemas de uso y manejo. De igual manera, Lavelle y Spain (2003) afirman que la predominancia de estos grupos ecológicos está influenciada por un conjunto de factores ambientales como la temperatura, la distribución de recurso de biomasa vegetal en la superficie del suelo y la variación estacional de la humedad.

Zúñiga-González y Caballero-Hernández (2023); Quiroz et al. (2021) y Rendón-Pareja et al. (2011) demostraron que la mayor cantidad de macroinvertebrados se encuentran en los primeros 10 cm de profundidad, que a medida aumenta la profundidad del suelo disminuye la materia orgánica y oxígeno (Primavesi 1984). Pardo-Locarno et al. (2006) mencionan que la mayor cantidad de invertebrados edáficos en sistemas agroforestal con café se encontraron en el estrato de 0-10 cm, esto es atribuido posible-

mente por la biomasa vegetal presente en los primeros 10 cm de profundidad, proporcionando humedad, refugio y fuente de alimentación a estos organismos edáficos.

La prevalencia de arvenses en la finca de Girasol se debe al uso de manejo mecánico mediante chapia, lo que evita la eliminación de estas poblaciones en los diversos subsistemas de la finca; el bajo número de abundancia de arvenses en la finca Santa Ana y Verdum se debe al manejo convencional usando herbicidas de contacto y sistémicos, lo cual permite tener menos especies en las fincas. De igual manera, Weibull et al. 2003 reportaron resultados similares encontrando mayor número de arvenses en fincas agroecológicas en comparación con fincas con manejo convencional.

El efecto del manejo sobre la flora arvense mediante la comparación de finca ecológica y convencional refleja que la abundancia y número de especies de la flora arvense son mayores en las fincas ecológicas (Sans 2007), estos resultados se confirman en esta investigación en donde se presenta mayor y diferentes tipos de especies en las fincas ecológicas (Fig. 6), este fenómeno posiblemente se deba al tipo de suelo y manejo que se implementa en las fincas. La diversidad de las comunidades arvenses no tiene únicamente como valor la conservación de la biodiversidad, sino que también contribuye a mantener la complejidad trófica (Marshall et al. 2003).

## Conclusiones

A pesar de que las tres fincas estudiadas manejan más de dos rubros diferentes fueron diagnosticadas como medianamente complejas, en base a esto, se resalta la necesidad de articular componentes dentro del sistema para aumentar la complejidad de las fincas, mejorando así las intervenciones sanitarias, la biodiversidad productiva. La diversidad asociada como la macrofauna edáfica y arvenses juega un papel importante como indicadores biológicos, presentándose la macrofauna en mayor abundancia y diversa en la finca Verdum, sin embargo, las arvenses predominaron en abundancia y riqueza en la finca Girasol. Se resalta la necesidad de desarrollar capacidades en los agricultores que les permita evaluar, diseñar y manejar la biodiversidad adecuada en sus fincas, permitiendo establecer planes estratégicos hacia una transición agroecológica.

## Contribución de los autores

Conrado Quiroz: Investigación, Metodología, Recolección de datos, Análisis formal, Redacción, Revisión y edición. Miguel Bárcenas: Conceptualización, Análisis formal, Redacción – borrador inicial.

## Referencias

- Alemán, F., Gómez, R., Harvey, C. 2005. Caracterización del componente arbóreo en los sistemas ganaderos de Matiguás. NITLAPAN-UCA. Managua, Nicaragua. 40 P.
- Altieri, M.A. 1994. *Biodiversity and pest management in agroecosystems*. Hayworth Press, New York. EE.UU. 185 pp.
- Anderson, J.M., Ingram, J.S.I. 1993. *Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods*. 2nd ed. CABI, Wallingford. Reino Unido. p. 240.
- Andrews K.L., Caballero, R. 1990. *Guía para el estudio de órdenes y familias de insectos de Centroamérica*. Escuela agrícola panamericana, el Zamorano, Honduras, p 180.
- Avilés-Ramírez, G.A., Candelaria-Martínez, B., Sandoval-Gío, J.J., Chan-Uc, D.M., Chan-Coba, J.G., Medina-García, M., Rodríguez-Ávila, N.L. 2018. Diversidad florística de un ecosistema de franja costera en Campeche, México. *Ecosistemas* 27(3):123-129. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1581>
- Baker, G.H., Carter, P.J., Curry, J.P., Cultreri, O., Beck, A. 1998. Clay content of soil and its influence on the abundance of Aporrectodea trapezoides Duge's (Lumbricidae). *Applied Soil Ecology* 9(1-3), 333-337. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(98\)00085-7](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(98)00085-7)

- Banco Central de Nicaragua 2022. El Banco Central de Nicaragua informa sobre el resultado del producto interno bruto en 2021. [Nota de prensa 2022, 18 de marzo]. Disponible en: <https://www.bcn.gob.ni/divulgacion-prensa/bcn-informa-sobre-el-resultado-del-producto-interno-bruto-en-2021>
- Blanco, Y., Leyva, A. 2010. Abundancia y diversidad de especies de arvenses en el cultivo de maíz (*Zea mays*, L.) precedido de un barbecho transitorio después de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos tropicales*, 31(2), 12-16.
- Canizales, S.A., Celemín, J.S., Mora-Delgado, J. 2010. Diversidad y uso de arvenses en pasturas de fincas ganaderas del Alto Magdalena (Tolima, Colombia). *Zootecnia Tropical*, 28(3), 427-437.
- Canu, F.A., Audia, I., Tobar, D., Andrade, H.J. 2018. Estrategia de desarrollo bajo en carbono (LCDS) para el sector ganadero en Nicaragua. UNEP DTU Partnership, Copenhagen, Dinamarca.
- Coto-Alfaro, D. 1998. Descripción taxonómica de plagas de importancia agrícola del Orden Lepidoptera. *Manejo Integrado de Plagas*, (10), 72-92.
- Díaz, S., Quétier, F., Cáceres, D.M., Trainor, S.F., Pérez-Harguindéguay, N., Bret-Harte, M.S., Poorter, L. 2011. Linking functional diversity and social actor strategies in a framework for interdisciplinary analysis of nature's benefits to society. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(3), 895-902. <https://doi.org/10.1073/pnas.1017993108>
- Edwards, C.A., Bohlen, P.J. 1996. *Biology and Ecology of Earthworms*. Chapman & Hall, Londres, Reino Unido.
- FAO 2004. Aplicación de estrategias de desarrollo enfocadas hacia las personas en el ámbito de la FAO. Programa de Apoyo a los Modos de Vida Sostenibles (LSP). FAO, Roma, Italia.
- Galindo-Maturell, A., Cobas-Magdariaga, M., Martínez-González, R., Escobar-Perea, Y., Vargas-Batis, B. 2019. Calidad visual del suelo y complejidad de diez fincas suburbanas de Santiago de Cuba. *Ciencia en su PC*. 1 (4):16-31.
- Gholami, S., Sayad, E., Gebbers, R., Schirrmann, M., Joschko, M., Timmer, J. 2016. Spatial analysis of riparian forest soil macrofauna and its relation to abiotic soil properties. *Pedobiología*, 59(1-2), 27-36. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pedobi.2015.12.003>
- Gliessman, S.R. 1998. *Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture*. Ann Arbor Press, Michigan, EE.UU.
- Gliessman, S., Rosado-May, F., Guadarrama-Zugasti, C., Jedlicka, J., Cohn, A., Méndez, V., Cohen, R., et al. 2007. Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. *Ecosistemas*, 16(1):13-23.
- Hutcheson, K. 1970. A test for comparing diversities based on Shannon formula. *Journal of theoretical Biology*, 29, 151-154. [https://doi.org/10.1016/0022-5193\(70\)90124-4](https://doi.org/10.1016/0022-5193(70)90124-4)
- Jiménez, A., De salvo, C., Le, M. 2020. Análisis de políticas agropecuarias y estimación de apoyo a los productores para Nicaragua 2011-2017. *Banco Interamericano de Desarrollo*. Disponible en: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Analisis-de-politicas-agropecuarias-y-estimacion-de-apoyo-a-los-productores-para-Nicaragua.pdf>
- Joschko, M., Gebbers, R., Barkusky, D., Rogasik, J., Hohn, W., Hierold, W., Fox, C.A., et al. 2009. Location-dependency of earthworm response to reduced tillage on sand soil. *Soil and Tillage Research*, 102, 55-66. <https://doi.org/10.1016/j.still.2008.07.023>
- King, A.B., Saunders, J.L. 1984. *Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central*. Bib. Orton IICA/CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Lavelle, P., Spain, A.V. 2003. *Soil ecology*. Kluwer Academic Publishers, New York, EE.UU.
- Leyva, A., Alonso, A., Vegas, J. 1999. La investigación participativa para el rescate, perfeccionamiento y aplicación de tecnologías apropiadas en la agricultura cubana. Informe final de proyecto. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba.
- Lezcano-Fleires, J.C., Miranda-Tortoló, T., Lamela-López, L., Montejo-Sierra, V.L., Oropesa-Casanova, K., Alonso-Amaro, O., León-Hidalgo, R. 2020. Evaluación de la biodiversidad en el manejo agroecológico de plagas en una entidad productiva de Matanzas. *Pastos y Forrajes*, 43(4): 293-303.
- Maes, J.M. 1999. *Insectos de Nicaragua [Vol. III]*. Imprenta Print. León, Nicaragua. [xvii]. 1898 p
- Marshall, E.J.P., Brown, V.K., Boatman, N.D., Lutman, P.J.W., Squire, G.R., Ward, L.K. 2003. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *Weed Research*, 43: 77-89
- Martínez-Valderrama, J., Ibáñez, J., Gartzia, R., Alcalá, F.J. 2021. Dinámica de Sistemas para comprender los procesos de desertificación. *Ecosistemas*, 30(3): 2191. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2191>
- Masera, O., López-Ridauro, S. 2000. Sostenibilidad y sistemas campesinos. Cinco experiencias de evaluación en el México rural. Mundi-Prensa, GIRA, UNAM, México D.F., México.
- Moreira, F., Huising, E.J., Bignell D.E. 2012. *Manual de biología de suelos tropicales. Muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo suelo*. Instituto Nacional de Ecología, México D.F., México. 337 pp.
- Moxnes, E. 2000. Not only the tragedy of the commons: misperceptions of feedback and policies for sustainable development. *System Dynamics Review: The Journal of the System Dynamics Society*, 16(4), 325-348. <https://doi.org/10.1002/sdr.201>
- Muñoz, R., Pitty, A. 1994a. *Guía Práctica para el Manejo de Malezas: Parte I*. Escuela Agrícola Panamericana. Publicación DPV-EAP. El Zamorano, Tegucigalpa, Honduras. 124 p.
- Muñoz R., Pitty, A. 1994b. *Guía Práctica para el Manejo de Malezas: Parte II*. Escuela Agrícola Panamericana. Publicación DPV-EAP, El Zamorano, Tegucigalpa, Honduras. 124 p
- Odum, E.P., Sarmiento, F.O. 1998. *La Ecología: el puente entre ciencia y sociedad*. McGraw Hill Interamericana de México. México DF, México.
- Oumarou Ngoute, C., Kekeunou, S., Bilong Bilong, C.F. 2023. Grasshopper (Orthoptera: Acridomorpha) diversity in response to fallow-land use in southern Cameroon with recommendations for land management. *Journal of Insect Science*, 23(2), 5. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iead011>
- Pardo-Locarno, L.C., Vélez, C.P., Sevilla, F., Madrid, O. 2006. Abundancia y biomasa de macroinvertebrados edáficos en la temporada lluviosa, en tres usos de la tierra, en los Andes colombianos. *Acta Agronómica*, 55 (1).
- Peña-Valdeiglesias, J., Alegre-Orihuela, J.C., Bardales-Lozano, R. 2018. Efecto de la riqueza de las especies cultivadas en la sustentabilidad de los sistemas agroforestales en la amazonía sur del Perú. *Ecosistemas*, 27(3): 87-95. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1522>
- Pitty, A. 1997. *Introducción a la biología, ecología y manejo de malezas*. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Tegucigalpa, Honduras.
- Primavesi, A. 1984. *Manejo ecológico do solo; a agricultura em regiões tropicais*. Editora Nobel. Barueri, Brazil.
- Quiroz-Medina C.R., Castellón, J.D., Navas, N.E.C., Ortiz, M.S., Zúñiga-Gonzalez, C.A. 2021. Caracterización de la macrofauna edáfica en diferentes sistemas agroforestales, en el Municipio de San Ramón, Departamento de Matagalpa, Nicaragua. *Nexo Revista Científica*, 34(02): 572-582. <https://doi.org/10.5377/nexo.v34i02.11542>
- Rendon-Pareja, S., Lemus, F.A., Ramírez-Pisco, R., Quiroz Gamboa, J.A., Leiva Rojas, E. I 2011. Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del suelo en cultivos de mora, pasto y aguacate. *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 64(1), 5793-5802.
- Rosa, M.G.D., Klauber Filho, O., Bartz, M.L.C., Mafra, Á.L., Sousa, J.P.F.A.D., Baretta, D. 2015. Macrofauna edáfica y atributos físicos e químicos em sistemas de uso do solo no planalto catarinense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39 (6): 1544-1553. <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20150033>
- Sans, F.X. 2007. La diversidad de los agroecosistemas. *Ecosistemas* 16(1):44-49.
- Serna, F.J., Vergara, E.V. 2001. Claves para la identificación de subfamilias y géneros de hormigas de Antioquia y Chocó, Colombia. *Revista del Instituto de Ciencias Naturales y Ecología*, 7:5-41.
- Suárez-Salazar, J.C., Duran-Bautista, E.H., Rosas-Patiño, G. 2015. Macrofauna edáfica asociada con sistemas agroforestales en la Amazonía Colombiana. *Acta agronómica*, 64(3): 214-220. <https://doi.org/10.15446/acag.v64n3.38033>

- Tilman, D., Lehman, C.L., Bristow, C.E. 1998. Diversity stability relationships: statistical inevitability or ecological consequence. *American Naturalist*, 151(3): 264-276. <https://doi.org/10.1086/286118>
- Toval-Herrera, N., Rueda-Pereira, R. 2009. *Malezas comunes de León Nicaragua*. Biblioteca Nacional, Departamento Unidad Técnica (IN-Bio). Santo Domingo. Costa Rica. 128p
- Turner, B.L., Menendez, H.M., Gates, R., Tedeschi, L.O., Atzori, A.S. 2016. System dynamics modeling for agricultural and natural resource management issues: Review of some past cases and forecasting future roles. *Resources*, 5(4):40. <https://doi.org/10.3390/resources5040040>
- Vargas-Batis, B., Candó-González, L., Pupo-Blanco, Y.G., Ramírez-Bravo, A., Rodríguez-Suárez, E.J. 2014. Complejidad de cuatro fincas suburbanas de Santiago de Cuba a partir del análisis de la biodiversidad. *Ciencia en su PC*, (4), 55-65.
- Vásquez-Moreno, L.L.V. 2013. Diagnóstico de la complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad en sistemas de producción agropecuaria en transición hacia la sostenibilidad y la resiliencia. *Agroecología*, 8(1), 33-42.
- Vázquez, L.L., Matienzo, Y., Alfonso J., Veitía, M., Paredes E., Fernández, E. 2012. Contribución al diseño agroecológico de sistemas de producción urbanos y suburbanos para favorecer procesos ecológicos. *Revista Agricultura Orgánica (La Habana)*, 18 (3): 14-18.
- Weibull, A.C., Östman, Ö., Granqvist, A. 2003. Species richness in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and farm management. *Biodiversity and Conservation* 12: 1335-1355.
- Zúniga-Gonzalez, C.A., Caballero-Hernández, A.J. 2023. Diversity of functional edaphic macrofauna in *Musa acuminata* x *Musa balbisiana* (AAB) agroecosystems. *F1000Research*, 11:1300. <https://doi.org/10.12688/f1000research.127300.2>