



Evaluación de indicadores de sustentabilidad y biodiversidad en unidades productivas venezolanas en transición agroecológica

Assessment of Sustainability and Biodiversity Indicators in Venezuelan Production Units in Agroecological Transition

Manuel Antonio Oliveros omaña ¹, Manuel Oliveros Carruyo  ².

¹Universidad Nacional Experimental Sur del Lago Jesùs María Semprún, Programa Nacional de Formación en Medicina veterinaria, Santa Bárbara del Zulia, Venezuela; manuel.oliveros@unesur.edu.ve*.

²Universidad Politécnica Territorial de Mérida “Kléber Ramírez”. Programa Nacional de Formación en Agroalimentación. Grupo de Investigación en Ecología del Suelo y Sustratos Agrícolas (GIESSA), Mérida, Venezuela; moliveros@uptm.edu.ve.

*Autor de correspondencia

Recibido: 25-07-2025

Aceptado: 02-10-2025

Publicado: 08-10-2025

Citar: Oliveros-Omaña, M. & Oliveros-Carruyo, M (2025). Evaluación de indicadores de sustentabilidad y biodiversidad en unidades productivas venezolanas en transición agroecológica. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 10(2), 128-138 pp. <https://doi.org/10.24054/cyta.v10i2.4314>

Ciencia y Tecnología Agropecuaria es una revista publicada por la Universidad de Pamplona bajo la licencia: [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) (CC BY-NC-SA 4.0)



RESUMEN

El continuo suelo–planta–atmósfera constituye un sistema dinámico e interdependiente frecuentemente perturbado por prácticas agrícolas convencionales. El presente estudio corresponde a la fase de preparación o diagnóstico reflexivo de una investigación-acción con el propósito de mejorar las técnicas agroecológicas aplicadas al manejo del suelo en unidades de producción en transición agroecológica, considerando escenarios de cambio climático. El ámbito geográfico comprende los municipios Libertador, Campo Elías, Sucre, Andrés Bello, Alberto Adriani, Tulio Febres Cordero, Pinto Salinas y Zea (Región Andina), así como los municipios Colón y Catatumbo de la región Sur del Lago de Maracaibo (región Zuliana). La metodología incluyó un diagnóstico participativo mediante técnicas mixtas de recolección de datos que permitieron la descripción, registro, sistematización e interpretación de información que permitieron evaluar los índices de sustentabilidad y biodiversidad en las unidades productivas. Se analizaron indicadores de sustentabilidad relacionados con biodiversidad: diversidad cultivada, riqueza de especies vegetales en parcelas, estrategias de manejo de arvenses y plagas, presencia de parches forestales y sistemas de labranza. Para el análisis cuantitativo se aplicaron los índices de diversidad de Shannon (H') y equitatividad de Pielou (J'), obteniéndose valores de J' entre 0,23 y 0,93 en unidades productivas de 0,8 a 300 hectáreas, respectivamente. Los resultados evidenciaron menor aceptabilidad de los indicadores en unidades superiores a 50 hectáreas y valores satisfactorios en aquellas de menor superficie. Los hallazgos fueron socializados con el equipo de investigación y productores de ambas regiones, promoviendo la apropiación social del conocimiento y fortaleciendo procesos de toma de decisiones fundamentados en evidencia agroecológica local.

Palabras clave: Transición agroecológica, biodiversidad agrícola, indicadores de sustentabilidad, investigación-acción participativa.

ABSTRACT

The soil–plant–atmosphere continuum constitutes a dynamic and interdependent system frequently disrupted by conventional agricultural practices. The present study corresponds to the preparation or reflexive diagnosis phase of action research aimed at improving agroecological techniques applied to soil management in production units undergoing agroecological transition, considering climate change scenarios. The geographical scope encompasses the municipalities of Libertador, Campo Elías, Sucre, Andrés Bello, Alberto Adriani, Túlio Febres Cordero, Pinto Salinas, and Zea (Andean Region), as well as the municipalities of Colón and Catatumbo in the Southern Lake Maracaibo region (Zulia Region). The methodology included a participatory diagnosis through mixed data collection techniques that enabled the description, recording, systematization, and interpretation of information, allowing for the evaluation of sustainability and biodiversity indices in production units. Sustainability indicators related to biodiversity were analyzed: cultivated diversity, plant species richness in plots, weed and pest management strategies, presence of forest patches, and tillage systems. Shannon diversity index (H') and Pielou evenness index (J') were applied for quantitative analysis, yielding J' values between 0.23 and 0.93 in production units ranging from 0.8 to 300 hectares, respectively. The results revealed lower acceptability of indicators in units exceeding 50 hectares and satisfactory values in smaller-scale units. The findings were shared with the research team and producers from both regions, promoting social appropriation of knowledge and strengthening decision-making processes grounded in local agroecological evidence.

Keywords: Agroecological transition; agricultural biodiversity; sustainability indicators; participatory action research (PAR).

Introducción

Los suelos venezolanos han experimentado un deterioro progresivo como consecuencia de prácticas agrícolas intensivas caracterizadas por monocultivos extensivos, manejo inadecuado de los recursos edáficos y uso prolongado de agroquímicos, lo que ha generado impactos negativos sobre su estructura, fertilidad y funcionalidad ecológica (González-García et al., 2025; González-Pedraza et al., 2011a; 2011b; Ruíz-Dager y Paolini-Gómez, 2021). Este patrón coincide con la literatura internacional que identifica la degradación de suelos incluyendo erosión, compactación y pérdida de nutrientes como un problema global intensificado por manejo agrícola convencional y por la dependencia de insumos químicos (Lara-Calderón et al., 2022).

Como alternativa al modelo extractivista convencional, la agroecología se propone como un enfoque integral de manejo de agroecosistemas que busca la sustentabilidad productiva y la conservación del recurso suelo al basarse en principios tales como la diversificación de cultivos (policultivos), el manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE) y prácticas que favorecen la salud del suelo y la biota edáfica (Herrera-Cabrera et al., 2025; Nasser y González, 2024). El manejo integrado de plagas, por ejemplo, combina estrategias biológicas, culturales y físicas para disminuir la dependencia de plaguicidas químicos y reducir impactos tóxicos sobre el suelo y su biota (Zhou et al., 2024).

En este contexto, la Universidad Politécnica del Estado Mérida Kléber Ramírez (UPTMKR), mediante el Grupo de Investigación en Suelos y Sustratos Agrícolas (GIESSA), ha promovido la adopción de técnicas agroecológicas orientadas a mejorar la gestión integral del suelo y el reciclaje de nutrientes en fincas en transición agroecológica. A través de

acciones de formación y acompañamiento técnico a productores agrícolas en el estado Mérida, se ha realizado registro, seguimiento y monitoreo participativo de la implementación de estas prácticas, con el propósito de fortalecer capacidades locales y evaluar su eficacia en suelo y producción.

El proyecto desarrollado por el Grupo GIESSA plantea la creación de un programa de socialización y aplicación de técnicas agroecológicas dirigidas al manejo sostenible del suelo, considerando escenarios de cambio climático y la transición de unidades de producción hacia modelos agroecológicos. Esta iniciativa se articula con otras actividades universitarias formales como la Cátedra Abierta para el Manejo Integrado y Aplicación de Técnicas Agroecológicas (CAMIATA) y grupos como Recursos Filogenéticos, integrados al Centro de Preservación de los Recursos Filogenéticos (CEPREFI). Las metodologías implementadas incluyen la investigación-acción participativa, diagnósticos participativos, visitas de campo y encuestas dirigidas a productores en municipios de los estados Mérida y Zulia, con el fin de identificar unidades productivas en proceso de transición o potenciales para inducir este cambio y posteriormente evaluar indicadores de sostenibilidad agraria.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se desarrolló en unidades de producción agropecuaria ubicadas en el sur del lago de Maracaibo y en la región andina de Venezuela, abarcando municipios de los estados Zulia y Mérida. En el estado Zulia se incluyeron unidades localizadas en los municipios Jesús María Semprún,

Catatumbo y Colón; en el estado Mérida se consideraron unidades en los municipios Zea, Alberto Adriani, Sucre, Campo Elías, Libertador y Santos Marquina. Todas las unidades evaluadas se encontraban inmersas en un proceso de transición agroecológica.

La localización espacial de cada unidad de producción se registró mediante coordenadas UTM (zonas 18P y 19P) y

coordenadas geográficas, a partir de un sistema UTM Geo Map (Y2 tech), con contraste puntual respecto a lecturas de GPS. Posteriormente, las coordenadas fueron corroboradas y representadas en Google Earth® para su verificación espacial y apoyo a la planificación de las visitas de campo. La Tabla 1 presenta la identificación y ubicación de las 12 unidades de producción consideradas.

Tabla 1. Unidades de producción seleccionadas y organizadas, con su localización espacial.

Nombre	Localización	UTM	Coordenadas Geográficas
Fundo La Esperanza de Mi Vergel. Oswaldo Castaño Malpica	km 21 vía Casigua, Sector madre vieja, municipio Jesús María Semprún, estado Zulia.	Zona: 18P 785583.09 m E 970807.00 m N	8°46'24.22"N 72°24'15.31"O
Granja Pulowi Sr. Marcial Bracho	Estado Zulia, municipio Catatumbo.	Zona: 18P 811426.72 m E 996972.06 m N	9° 0'30.54"N 72°10'3.03"O
Hacienda La Chiquinquirá. UNESUR	Estado Zulia, municipio Colón. Parroquia Santa Cruz	Zona: 18P 827606.92 m E 991598.31 m N	8°57'30.83"N 72° 1'15.78"O
ETAR “Santa Bárbara”	Estado Zulia, municipio Colón, Parroquia Santa Bárbara	181172.52 m E 992911.55 m N	8°58'15.82"N 71°53'57.42"O
Finca Las Clavellina Sr. Geraldo Acosta	Estado Zulia, municipio Colón. Parroquia El Moralito	Zona: 19P 198941.64 m E 974140.70 m N	8°48'9.74"N 71°44'11.65"O
Núcleo Mariela Oliveros UPTM	Estado Mérida, municipio Zea, Parroquia Caño El Tigre	Zona: 19P 194475.74 m E 941034.08 m N	8°30'11.89"N 71°46'29.78"O
UPF El Muro. Sr. Alonso Medina	Estado Mérida, municipio Zea, Parroquia Caño El Tigre	Zona: 19P 194124.89 m E 934420.02 m N	8°26'36.69"N 71°46'39.70"O
Hacienda La Fortaleza. Cooperativa La Fortaleza	El Vigía, municipio Alberto Adriani, Estado Mérida	Zona: 19P 204283.88 m E 960103.47 m N	8°40'34.41"N 71°41'13.70"O
UPF Sr. Jesús Pérez	Estado Mérida, municipio Sucre, Parroquia San Juan	240730.33 m E 942169.70 m N	8°30'58.81"N 71°21'18.57"O
CAMIATA UPTM “Kléber Ramírez”	Estado Mérida, municipio Campo Elías, Parroquia Montalbán	254236.45 m E 946254.90 m N	8°33'14.34"N 71°13'57.90"O
ETAR San Jacinto	Estado Mérida, municipio Libertador, Parroquia Jacinto Plaza	263719.54 m E 949570.24 m N	8°35'3.98"N 71° 8'48.51"O
Unidad de producción “Licarda”. Sr. Liborio La Cruz	Sector Loma Del Pueblo, municipio Santos Marquina, estado Mérida	272230.29 m E 955138.12 m N	8°38'6.68"N 71° 4'11.24"O

Fuente: Autores

Diseño del estudio y selección de unidades de producción

La investigación se adscribe a la investigación acción, la cual se describe como un diseño en el cual el investigador y los participantes colaboran para abordar un problema práctico mediante ciclos de planificación, acción, observación y reflexión (Creswell, 2018). Respecto al presente estudio, este refiere al primer momento o fase de esta metodología, en el cual se llevó a cabo un diagnóstico reflexivo participativo. Las técnicas e instrumentos de elaboración del diagnóstico reflexivo participativo se desarrollaron bajo un enfoque mixto que integró componentes cuantitativos (evaluación de indicadores de agrobiodiversidad y cálculo del potencial de regulación biótica) y cualitativos (recopilación de información mediante entrevistas a productores y observación directa en campo). Por tanto, el estudio se concibió como un análisis de casos múltiples, orientado a caracterizar el estado de transición agroecológica de unidades de producción agropecuaria en regiones contrastantes del occidente venezolano.

La fase de diagnosis reflexiva en la investigación-acción se concibe como una fase inicial de reflexión crítica y sistemática sobre la situación problemática, en la que se reconstruye su origen, dinámica y significados desde la perspectiva de los actores implicados. Esta fase no se limita a describir el problema, sino que busca comprenderlo en profundidad como construcción social, integrando experiencias previas, conflictos, discursos y prácticas para fundamentar de manera rigurosa las decisiones posteriores del ciclo de acción según (Yuni & Urbano, 2006).

La selección de las unidades de producción se realizó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando los siguientes criterios de inclusión: (i) disposición de los productores para participar en el estudio y en actividades de acompañamiento técnico; (ii) interés manifiesto en la adopción o fortalecimiento de prácticas agroecológicas; (iii) accesibilidad logística para la realización de visitas de campo; y (iv) presencia de sistemas productivos agrícolas o agropecuarios en funcionamiento al momento del estudio. Como criterios de exclusión se consideraron aquellas unidades sin actividad productiva activa o con imposibilidad de acceso durante el periodo de muestreo.

En total se seleccionaron doce (12) unidades de producción, con superficies que oscilaron entre 0,8 y 300 ha, incluyendo tanto unidades familiares de pequeña y mediana escala como sistemas productivos de mayor extensión, algunos de ellos administrados por instituciones públicas o cooperativas. Esta heterogeneidad permitió evaluar el desempeño de los indicadores de agrobiodiversidad y del índice de potencial de regulación biótica en contextos productivos contrastantes.

Durante las visitas de campo, se contó con la participación de productores, trabajadores y administradores de las unidades, así como con el apoyo de estudiantes y docentes universitarios, quienes colaboraron en los recorridos, el registro de

información y la aplicación de los instrumentos de evaluación. Dado el carácter no probabilístico del muestreo, los resultados obtenidos se interpretaron con un alcance analítico y comparativo, sin pretensión de inferencia estadística a nivel poblacional.

Recolección de datos e instrumentos

La recolección de datos se llevó a cabo mediante visitas de campo a las unidades de producción seleccionadas, combinando observación directa, registro espacial y entrevistas a productores, con el propósito de obtener la información necesaria para la evaluación de los indicadores de agrobiodiversidad y del potencial de regulación biótica (PRB).

Registro espacial y caracterización del predio

En cada unidad de producción se realizó la georreferenciación de los predios mediante el registro de coordenadas UTM y geográficas, utilizando un sistema UTM Geo Map (Y2 tech), con verificación puntual mediante dispositivos GPS. La información espacial fue contrastada y visualizada en Google Earth®, lo que permitió delimitar los predios, identificar bordes, áreas cultivadas y parches de vegetación leñosa, así como apoyar la planificación de los recorridos de campo.

Observación directa y ficha de campo

Se aplicó una ficha de campo estructurada, diseñada específicamente para este estudio, en la cual se registraron variables relacionadas con la diversidad cultivada, la riqueza de especies vegetales, las estrategias de manejo de malezas, el sistema de labranza, la estrategia de manejo de plagas, la presencia de parches forestales y la proximidad del cultivo a los bordes del predio. La observación directa se realizó mediante recorridos sistemáticos dentro de cada unidad de producción, acompañados por los productores o responsables del manejo del predio.

Entrevistas a productores

Con el fin de complementar la información obtenida en campo, se realizaron entrevistas no estructuradas a los productores, trabajadores o administradores de las unidades de producción. Estas entrevistas permitieron recabar información sobre las prácticas de manejo agronómico, el uso de insumos externos, las estrategias de control de plagas y malezas, y la percepción de los productores respecto al proceso de transición agroecológica. La información obtenida mediante entrevistas fue utilizada de manera complementaria para la asignación de categorías en los indicadores cualitativos.

Control y validación de la información

Para reducir sesgos y mejorar la consistencia de los datos, la información obtenida mediante entrevistas fue contrastada con la observación directa en campo, y los registros fueron revisados de forma conjunta por los miembros del equipo técnico durante cada visita. Cuando fue posible, se integró la

participación de estudiantes y docentes universitarios como observadores externos, contribuyendo a la validación de los registros y a la homogeneización de los criterios de evaluación.

Indicadores de agrobiodiversidad y cálculo del potencial de regulación biótica (PRB)

La evaluación de la sustentabilidad agroecológica de las unidades de producción se realizó mediante la aplicación de un conjunto de indicadores de agrobiodiversidad, adaptados de la propuesta metodológica de Lermanó, Sarandón, Tamagno y Maggio (2015). Estos indicadores permiten integrar componentes estructurales y de manejo del agroecosistema,

con el fin de estimar su potencial de regulación biótica (PRB), entendido como la capacidad del sistema productivo para favorecer procesos de control biológico y autorregulación ecológica.

Se seleccionaron siete indicadores, que combinan variables cuantitativas y cualitativas, evaluados de manera estandarizada en cada unidad de producción (Tabla 2). Cada indicador fue expresado en una escala ordinal de 0 a 3, donde los valores más altos representan una mayor adecuación al modelo agroecológico.

Tabla 2. Indicadores de agrobiodiversidad y escalas de evaluación utilizadas para estimar el potencial de regulación biótica (PRB) en las unidades de producción seleccionadas.

Indicador	Escala de evaluación
Diversidad cultivada (Div.Cult.)	3: Índice de equitatividad de Pielou (J') entre 0,76 y 1,00. 2: J' entre 0,51 y 0,75. 1: J' entre 0,26 y 0,50. 0: J' entre 0,00 y 0,25.
Riqueza de especies vegetales dentro de la parcela (Riq.Parc.)	3: Presencia de más de 20 especies vegetales. 2: Presencia de 14 a 20 especies vegetales. 1: Presencia de 7 a 13 especies vegetales. 0: Presencia de menos de 6 especies vegetales.
Estrategias de manejo de malezas (Mjo.Mzas.)	3: Uso combinado de estrategias culturales y mecánicas; uso excepcional de herbicidas. 2: Combinación de control químico y mecánico, con reducción del uso de herbicidas. 1: Uso predominante de control químico, aplicado solo cuando es necesario (basado en observación o monitoreo). 0: Control exclusivamente químico con aplicaciones preventivas de herbicidas.
Proximidad del cultivo a los bordes (Prox.)	3: Distancia promedio del centro del cultivo al borde más cercano ≤ 100 m. 2: Distancia promedio entre 101 y 150 m. 1: Distancia promedio entre 151 y 200 m. 0: Distancia promedio > 200 m.
Parches forestales (P.Forest.)	3: Presencia de ≥ 5 parches forestales, distribuidos de manera homogénea; superficie relativa $> 1\%$ del predio. 2: Presencia de 3–4 parches forestales; superficie relativa $> 0,75\%$. 1: Presencia de 1–2 parches forestales; superficie relativa $> 0,5\%$. 0: Ausencia de parches forestales dentro del predio.
Sistema de labranza (Sist.Lab.)	3: Rotación entre distintos sistemas de labranza (labranza cero, reducida y convencional), con bajo disturbio del suelo y mínimo uso de agroquímicos. 2: Alternancia entre labranza cero y labranza reducida, con uso moderado de agroquímicos. 1: Uso de labranza cero o reducida con alto uso de agroquímicos. 0: Uso exclusivo de labranza convencional.
Estrategia de manejo de plagas (Mjo.Plagas)	3: No se aplican insecticidas; uso de control biológico o regulación natural. 2: Aplicación de insecticidas solo cuando es necesario, basada en monitoreo de plagas. 1: Aplicación de insecticidas cuando aparece una plaga percibida como dañina. 0: Aplicación preventiva y sistemática de insecticidas.

Fuente: (adaptado de Lermanó et al., 2015).

Diversidad cultivada (Div.Cult.)

La diversidad cultivada se evaluó a partir de la proporción de superficie ocupada por los distintos cultivos presentes en cada unidad de producción. Para su cálculo se empleó el índice de diversidad de Shannon (H'), aplicado a la superficie relativa de cada cultivo, y el índice de equitatividad de Pielou (J'), que expresa la uniformidad en la distribución de los cultivos (Moreno, 2001).

El índice de Shannon se calculó mediante la expresión:

$$H' = - \sum p_i \ln(p_i)$$

donde p_i corresponde a la proporción de la superficie sembrada de cada cultivo respecto a la superficie total cultivada, y S representa el número total de cultivos registrados en la unidad. El valor máximo teórico de diversidad (H'_{\max}) se estimó como:

$$H'_{\max} = \ln(S)$$

Posteriormente, se calculó el índice de equitatividad de Pielou:

$$J' = H' / H'_{\max}$$

Los valores de J' se normalizaron en la escala de 0 a 3 según los rangos establecidos en la Tabla 1, considerándose valores cercanos a 1 como indicativos de mayor diversidad y equidad en la distribución de cultivos.

Riqueza de especies vegetales dentro de la parcela (Riq.Parc.)

Este indicador consideró la cantidad total de especies vegetales presentes dentro de cada unidad de producción, incluyendo especies cultivadas y no cultivadas, con especial atención a aquellas reconocidas como benéficas o atrayentes de insectos benéficos. La riqueza de especies fue utilizada como un indicador indirecto de la salud del agroecosistema, al favorecer la creación de microclimas y nichos ecológicos asociados a una mayor diversidad de artrópodos funcionales.

La asignación de la escala ordinal (0-3) se realizó en función del número total de especies registradas durante los recorridos de campo, de acuerdo con los rangos establecidos en la Tabla 1.

Estrategias de manejo de malezas (Mjo.Mzas.)

El manejo de malezas se evaluó considerando el tipo y la combinación de estrategias utilizadas en cada unidad de producción, incluyendo métodos mecánicos, químicos y culturales (policultivos, densidad de siembra, entre otros). De acuerdo con Acciaresi y Sarandón (2002) y Sánchez Valduví (2013), la reducción del uso de herbicidas y la integración de estrategias culturales favorecen la regulación biótica, al permitir la presencia controlada de vegetación espontánea y el establecimiento de artrópodos benéficos.

La puntuación asignada reflejó el grado de diversificación de las estrategias de manejo y la dependencia relativa de herbicidas, otorgándose mayores valores a los sistemas con

menor uso de control químico y mayor integración de prácticas agroecológicas.

Proximidad (Prox.)

El indicador de proximidad se estimó a partir de la distancia promedio (m) entre el centro del área cultivada y los bordes del predio, considerando que distancias menores facilitan el desplazamiento de insectos benéficos desde áreas de refugio hacia el interior del cultivo (Altieri & Nicholls, 2013). En predios de geometría irregular se promediaron varias mediciones. A menores distancias correspondieron mayores valores en la escala del indicador, según los rangos definidos en la Tabla 1.

Parches forestales (P.Forest.)

La presencia de parches forestales se evaluó considerando tanto el número de parches como su distribución espacial dentro del predio, así como su superficie relativa respecto al área total. La existencia de árboles leñosos y áreas de vegetación natural o seminatural constituye un componente clave para el refugio de enemigos naturales de plagas y, por ende, para el fortalecimiento de la regulación biológica (Nicholls, 2008). La asignación de la escala ordinal se realizó conforme a los criterios establecidos en la Tabla 1.

Sistema de labranza (Sist.Lab.)

El sistema de labranza se evaluó considerando el tipo de labranza predominante y la rotación entre sistemas (labranza convencional, reducida y labranza cero), así como el uso asociado de insumos externos. Se asumió que sistemas con menor disturbio del suelo favorecen una mayor diversidad de organismos edáficos y artrópodos benéficos, contribuyendo positivamente al PRB.

Estrategia de manejo de plagas (Mjo.Plagas)

La estrategia de manejo de plagas se evaluó en función del uso y frecuencia de aplicación de insecticidas, diferenciando entre aplicaciones preventivas, aplicaciones basadas en monitoreo y el uso de control biológico. De acuerdo con Nicholls (2008), la reducción del uso indiscriminado de insecticidas favorece el equilibrio entre presas y depredadores, incrementando el potencial de regulación biótica del agroecosistema.

Cálculo del potencial de regulación biótica (PRB)

El PRB de cada unidad de producción se estimó mediante la integración de los siete indicadores, expresados en la escala ordinal de 0 a 3. El valor final del PRB se obtuvo a partir del promedio simple de los indicadores evaluados, asumiendo igual ponderación para cada uno, dado su aporte complementario a la regulación biótica del sistema. Valores más altos del PRB indicaron una mayor adecuación del sistema productivo al modelo agroecológico y una mayor capacidad de autorregulación ecológica.

Análisis de datos

La información recolectada en las unidades de producción fue organizada y procesada a partir de una matriz de datos que integró los valores obtenidos para cada uno de los siete indicadores de agrobiodiversidad evaluados. Cada indicador fue expresado en una escala ordinal de 0 a 3, de acuerdo con los criterios establecidos en la Tabla 1, donde los valores mayores representan una mayor adecuación del sistema productivo al enfoque agroecológico.

Cálculo del potencial de regulación biótica (PRB)

El potencial de regulación biótica (PRB) de cada unidad de producción se estimó mediante el promedio aritmético simple de los siete indicadores evaluados: diversidad cultivada (Div.Cult.), riqueza de especies vegetales dentro de la parcela (Riq.Parc.), estrategias de manejo de malezas (Mjo.Mzas.), proximidad del cultivo a los bordes (Prox.), parches forestales (P.Forest.), sistema de labranza (Sist.Lab.) y estrategia de manejo de plagas (Mjo.Plagas). Esta aproximación asume una ponderación equivalente de los indicadores, dado su carácter complementario en la regulación biótica del agroecosistema.

El PRB se expresó en una escala continua comprendida entre 0 y 3, donde valores cercanos a 0 indican una baja capacidad de regulación biótica y valores próximos a 3 reflejan una mayor capacidad de autorregulación ecológica y proximidad al modelo agroecológico.

Análisis descriptivo de los indicadores

Se realizó un análisis estadístico descriptivo de los indicadores individuales y del PRB, considerando medidas de tendencia central (promedio) y dispersión (valores mínimos y máximos). Asimismo, se efectuó una comparación exploratoria de los valores obtenidos en función del tamaño de las unidades de producción, diferenciando entre predios menores e iguales a 50 ha y predios mayores a 50 ha, con el objetivo de identificar patrones generales asociados a la escala productiva.

Dado el carácter no probabilístico del muestreo y el número limitado de unidades evaluadas, no se aplicaron pruebas de inferencia estadística. En consecuencia, los resultados se interpretaron desde un enfoque comparativo y descriptivo, evitando generalizaciones a nivel poblacional.

Análisis gráfico y representación de resultados

Para facilitar la interpretación integrada de los indicadores, los valores obtenidos para cada unidad de producción fueron representados mediante gráficos radiales (tipo radar), los cuales permitieron visualizar de manera sintética el desempeño relativo de cada indicador y del PRB en los distintos predios evaluados. Estos gráficos se utilizaron como herramienta de apoyo para la comparación visual entre unidades de producción y para la identificación de fortalezas y limitaciones en el proceso de transición agroecológica.

Herramientas de procesamiento de datos

La organización, procesamiento y análisis de los datos se realizó utilizando hojas de cálculo electrónicas, mediante las cuales se calcularon los índices de diversidad (Shannon y Pielou), se asignaron las escalas ordinales de los indicadores y se generaron los gráficos de representación. Este procedimiento permitió asegurar la trazabilidad de los datos y la consistencia en la aplicación de los criterios de evaluación establecidos.

Resultados y discusión

La evaluación del potencial de regulación biótica (PRB) mediante perfiles radiales permitió integrar de forma sintética siete indicadores de agrobiodiversidad en doce unidades de producción agrícola. Las figuras 1-5 muestran configuraciones contrastantes de los indicadores Div.Cult., Riq.Parc., Mjo.Mzas., Prox., P.Forest., Sist.Lab. y Mjo.Plagas, evidenciando distintos grados de transición agroecológica entre los sistemas evaluados.

Panorama general del desempeño agroecológico

Los perfiles correspondientes al Fundo La Esperanza de Mi Vergel y a la Granja Pulowi (Figuras 1a y 1b) muestran configuraciones intermedias de los indicadores, con valores moderados en diversidad cultivada y manejo de plagas, y mayores contribuciones relativas de los indicadores de proximidad y parches forestales. Estos resultados reflejan sistemas productivos con avances parciales en la transición agroecológica, donde coexisten prácticas convencionales con elementos de diversificación funcional.

La comparación inicial entre estas dos unidades evidencia que, aun bajo condiciones agroecológicas regionales similares, el manejo específico del predio condiciona el desempeño relativo de los indicadores, particularmente aquellos asociados a la estructura del paisaje y al control biológico.

En el modo de administración de la granja Pulowi, existen ciertos criterios de producción tradicional que permanecen arraigados a sus costumbres, sin embargo, las condiciones climáticas cambiantes han ido creando conciencia en los dueños del predio, haciendo que los mismos, adopten prácticas agroecológicas, buscando mitigar algunos problemas a mediano y largo plazo.

Las unidades de producción administradas por entes estatales parecen no ir de la mano a los mandatos de ley, que presentan la agroecología como pilar fundamental del modelo de producción del país. Esto se puede constatar en la figura 2 a y 5a, en las cuales la unidad de producción de la UNESUR y la UPTMKR, respectivamente, tienen apenas indicios de la transición a la agroecología en sus labores agrícolas, en comparación con un estilo de vida bajo estos esquemas, mostrado por la finca LICARDA (Figura 5b).

Entonces se puede asegurar, que a través de la aplicación de indicadores de agrobiodiversidad y la utilización de los índices seleccionados podemos clasificar, organizar y dirigir las unidades de producción a la sostenibilidad, al establecer en qué

nivel de transición agroecológica se encuentran y las potencialidades para garantizar una producción sana y ajustadas al cambio climático.

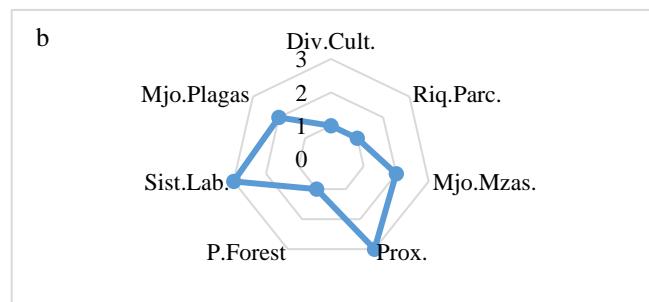
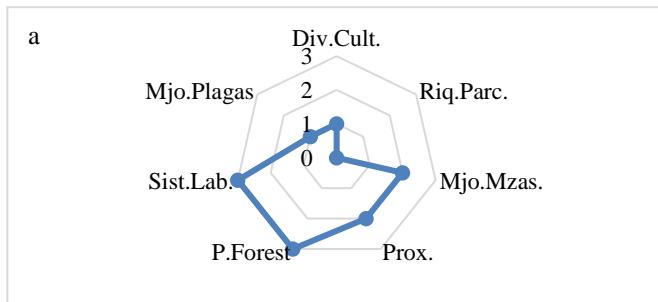


Figura 1. Perfiles de agrobiodiversidad y potencial de regulación biótica (PRB), basados en siete indicadores agroecológicos, en dos unidades de producción del estado Zulia: (a) Fundo La Esperanza de Mi Vergel, municipio Jesús María Semprún, y (b) Granja Pulowi, municipio Catatumbo.

Las labores de manejo de suelo, en prácticamente todos los casos, se llevan a cabo a ciegas, es decir, ninguna de las unidades de producción que aplica enmiendas orgánicas al suelo se basan en un análisis de muestras extraídas de sus fincas y luego enviadas a un laboratorio para determinar las carencias o excesos precisamente y poder diseñar la enmienda que se debe aplicar.

Diversidad cultivada y tamaño de las unidades productivas

Las Figuras 2a y 2b representan los extremos del gradiente observado en la diversidad cultivada y la equitatividad del sistema. La Hacienda Chiquinquirá (UNESUR) (Figura 2a)

muestra un perfil claramente asimétrico, con valores bajos en diversidad cultivada y riqueza vegetal, lo que se traduce en un PRB reducido. Este comportamiento es característico de sistemas extensivos con una matriz productiva simplificada.

En contraste, la Finca Las Clavellinas (Figura 2b) presenta un perfil más equilibrado, con valores elevados en diversidad cultivada, manejo de malezas y proximidad, reflejando un sistema más diversificado, manteniendo al menos cinco especies rotando durante el año, y funcionalmente complejo. Estos resultados confirman que las unidades de menor escala tienden a integrar una mayor variedad de cultivos y prácticas agroecológicas, favoreciendo la regulación biótica del agroecosistema.

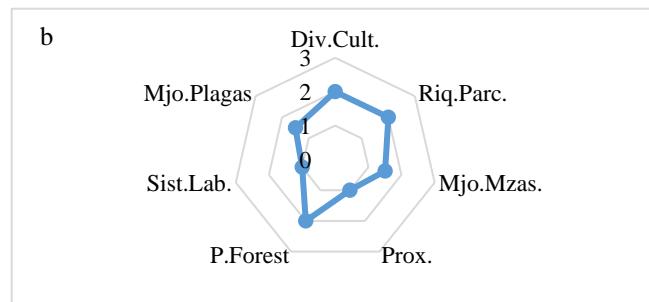
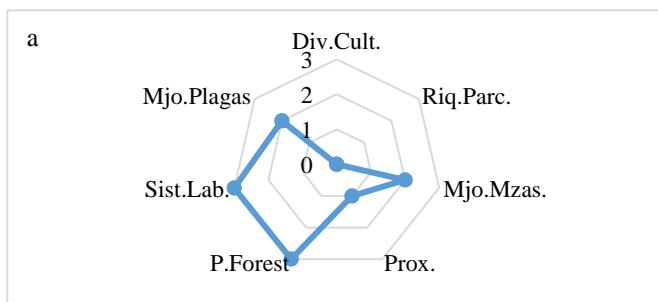


Figura 2. Perfiles de agrobiodiversidad y potencial de regulación biótica (PRB) en sistemas productivos contrastantes según escala y diversificación: (a) sistema extensivo institucional, Hacienda Chiquinquirá (UNESUR), y (b) sistema familiar diversificado, Finca Las Clavellinas, municipio Colón, estado Zulia.

Estructura del paisaje y diversidad estructural

La Figura 3, correspondiente a la Escuela Técnica Agropecuaria Santa Bárbara, destaca por valores elevados en los indicadores P.Forest. y Prox., asociados a una alta presencia de vegetación leñosa y áreas seminaturales dentro

del predio. Este perfil sugiere una alta complejidad estructural del paisaje, favorable para la presencia de enemigos naturales y otros organismos benéficos. Sin embargo, una de las debilidades observadas, es que la escuela está rodeada por la ciudad, que está constantemente en expansión, creando focos

de contaminación que afectan directamente al sitio. Las unidades de producción que rodean el sitio presentan monocultivos, específicamente de Palma aceitera (*Eleais guineensis*), que atrae nuevos depredadores, plagas y enfermedades que finalmente debilitan la diversidad de cultivos que la ETA puede establecer.

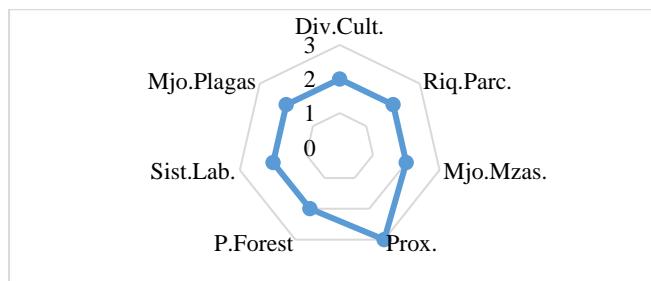


Figura 3. Perfil de agrobiodiversidad y potencial de regulación biótica (PRB), con énfasis en indicadores estructurales del paisaje, en la Escuela Técnica Agropecuaria Santa Bárbara, municipio Colón, estado Zulia.

No obstante, el perfil también evidencia valores bajos en indicadores de manejo, lo que sugiere que la complejidad

observada responde en parte a procesos de regeneración secundaria más que a un diseño agroecológico planificado. Este resultado resalta la necesidad de diferenciar entre diversidad estructural pasiva que pudiese ser una fortaleza de este sistema para absorber las perturbaciones circundantes y diversidad funcional gestionada, influenciada por los profesionales del agro que en el predio laboran, en la evaluación del PRB.

Sistemas intermedios y transición parcial

Las Figuras 4a y 4b, correspondientes a la Hacienda La Fortaleza y a la unidad de producción familiar El Muro, muestran perfiles intermedios, con contribuciones moderadas de la mayoría de los indicadores. En ambos casos se observa una combinación de prácticas convencionales con estrategias agroecológicas incipientes, reflejada en valores medios de diversidad cultivada y manejo de malezas. Se puede determinar la conformidad en los productores, al saber que sus unidades de producción poseen bondades climáticas que las favorecen y que los cultivos establecidos, aun generan suficientes ganancias.

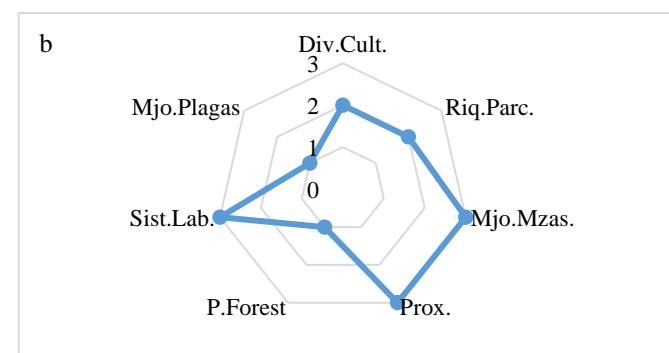
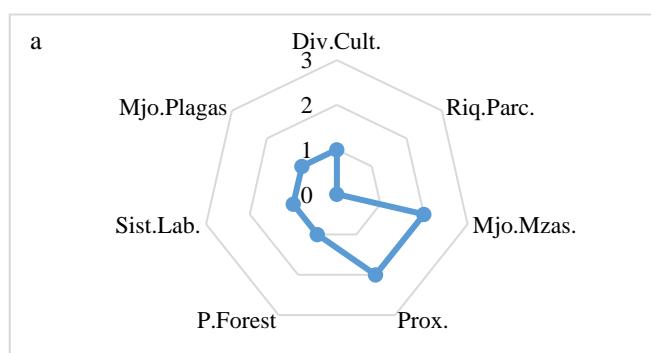


Figura 4. Perfiles de agrobiodiversidad y potencial de regulación biótica (PRB) en sistemas productivos de escala intermedia en transición agroecológica: (a) Hacienda La Fortaleza, municipio Alberto Adriani, y (b) unidad de producción familiar El Muro, municipio Zea, estado Mérida.

Estos perfiles confirman que la transición agroecológica es un proceso gradual, condicionado por factores técnicos, económicos y organizativos, y no una transformación inmediata del sistema productivo. La aparición de algunas enfermedades en los cítricos, que son un pilar de producción al menos en la UPF El Muro, van demostrando que una diversidad de cultivos baja, debilita la sostenibilidad del sistema, sumando a este caso, los parches forestales casi inexistentes que impiden en su caso el establecimiento inmediato de otro cultivo bandera del sitio como lo es el cacao. (*Theobroma cacao*).

Contraste entre unidades institucionales y familiares

La Figura 5a, correspondiente a la Estación Experimental de la UPTM “Kléber Ramírez”, muestra un perfil con valores bajos en varios indicadores clave, particularmente en diversidad cultivada y manejo de plagas, lo que se traduce en un PRB reducido.

Este resultado evidencia que la condición institucional del predio no garantiza, por sí sola, la adopción efectiva del enfoque agroecológico.

En contraste, la unidad de producción LICARDA (Figura 5b) presenta uno de los perfiles más equilibrados del conjunto, con valores elevados en diversidad cultivada, manejo de malezas y proximidad. Este comportamiento refleja un manejo coherente

con los principios agroecológicos y una mayor capacidad de autorregulación del sistema. Sus dueños tienen como filosofía de vida a la agroecología y siguen formándose en la búsqueda

de mejores formas de producir de manera unisona con la naturaleza.

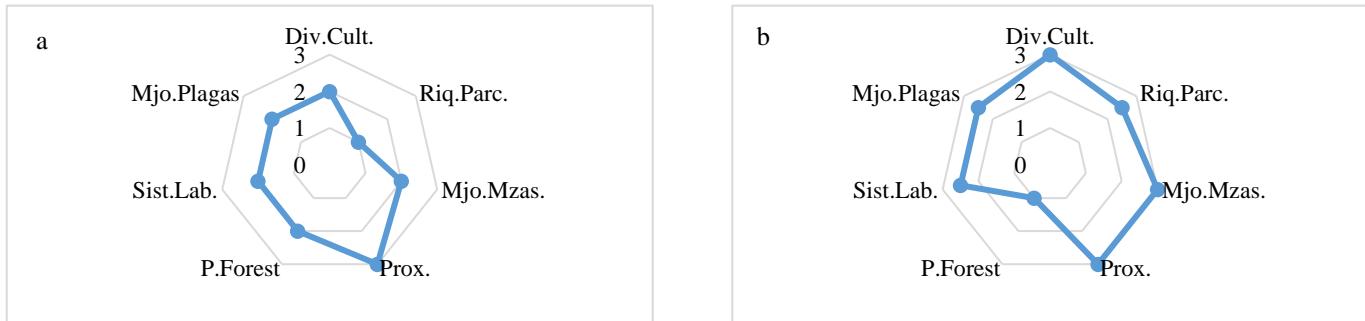


Figura 5. Perfiles de agrobiodiversidad y potencial de regulación biótica (PRB) en unidades con distinto tipo de gestión: (a) unidad institucional con transición agroecológica incipiente, Estación Experimental UPTM “Kléber Ramírez”, y (b) unidad de producción familiar con manejo agroecológico consolidado, LICARDA, estado Mérida.

Comparación regional e integración del PRB

Las Figuras 6a, 6b y 6c completan la comparación regional, mostrando perfiles diferenciados en las unidades del municipio Sucre, la cátedra abierta para el manejo y aplicación de

técnicas agroecológicas de la UPTM en Campo Elías y la Escuela Técnica Agropecuaria Señor de la Buena Esperanza. Estos perfiles confirman la heterogeneidad del PRB entre unidades productivas, aun dentro de contextos agroecológicos similares.

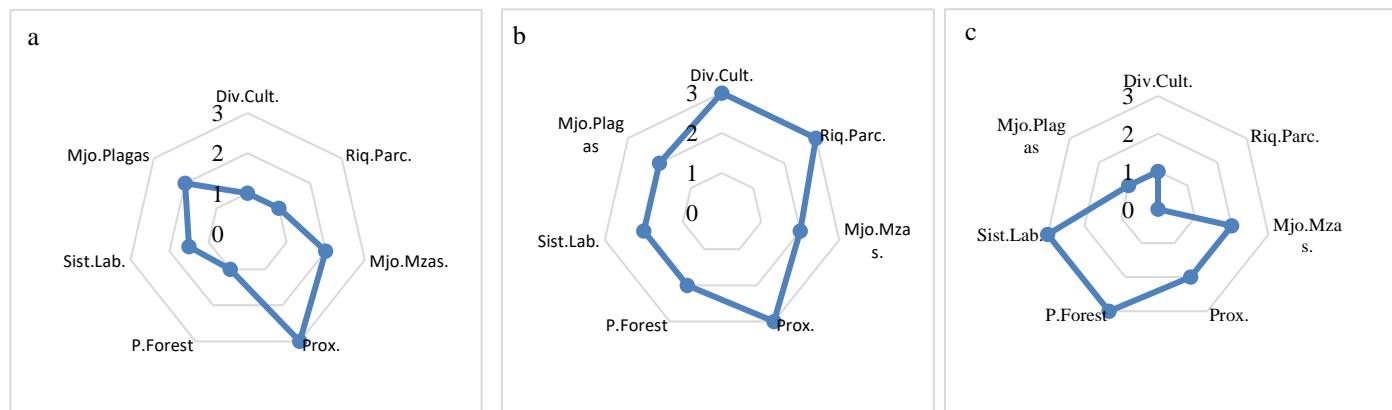


Figura 6. Perfiles de agrobiodiversidad y potencial de regulación biótica (PRB) en unidades productivas y educativas de la región andina de Mérida: (a) unidad de producción familiar del municipio Sucre, (b) experiencia formativa agroecológica UPTM, municipio Campo Elías, y (c) Escuela Técnica Agropecuaria Señor de la Buena Esperanza, municipio Libertado.

La integración visual de los siete indicadores en los perfiles radiales permitió clasificar las unidades de producción según su grado de transición agroecológica, evidenciando que los sistemas familiares diversificados presentan, en general, una mayor capacidad de regulación biótica que los sistemas extensivos e institucionales.

Conclusiones

Se diseñaron y aplicaron seis herramientas orientadas a iniciar el proceso de transición de las unidades de producción hacia la sostenibilidad, constituyéndose estas en un pilar estratégico

para orientar a las instituciones en la formación desde el territorio, con las prácticas agroecológicas como eje articulador del proceso productivo y formativo.

Se seleccionaron doce unidades de producción localizadas en la región andina y en la zona sur del Lago, las cuales presentan características compatibles con las perspectivas de transición agroecológica. Dichas unidades abarcan superficies comprendidas entre 0,8 y 300 hectáreas. La evaluación de la agrobiodiversidad, mediante la aplicación de los índices de Shannon (S) y Pielou (J), evidenció valores de equidad (J)

entre 0,23 y 0,93, correspondientes a fincas de 0,8 y 300 hectáreas, respectivamente. Los resultados indican condiciones de aceptabilidad muy bajas en unidades de producción con superficies superiores a 50 hectáreas, mientras que las unidades menores a este umbral presentaron valores considerados aceptables desde el punto de vista agroecológico.

En las doce unidades de producción estudiadas se desarrollaron dos talleres formativos, enfocados en agroecología de suelos y manejo agroecológico, así como un taller adicional orientado a la aplicación práctica de técnicas agroecológicas, fortaleciendo las capacidades locales para la gestión sostenible de los agroecosistemas.

Asimismo, se aplicaron siete indicadores de agrobiodiversidad en las doce unidades de producción, utilizando los índices de Shannon (S) y Pielou (J), registrándose valores comprendidos entre 0,23 y 0,93 en unidades con superficies que oscilaron entre 0,8 y 300 hectáreas, lo cual permitió caracterizar de manera integral la estructura y equidad de la diversidad biológica presente en los sistemas evaluados.

Finalmente, los resultados obtenidos serán socializados mediante jornadas participativas en cada una de las comunidades donde se localizan las unidades de producción estudiadas, con el acompañamiento del Departamento de Extensión Rural de la UPTMKR y de las instituciones estatales vinculadas al sector agrícola, con el fin de fortalecer los procesos de apropiación social del conocimiento y promover la adopción de prácticas agroecológicas en el territorio.

Referencias

- Altieri, M. y Nicholls, C. (2013). Agroecología y resiliencia al cambio climático: Principios y consideraciones metodológicas. *Agroecológica* 8(1): 7-20.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications
- González García, H., González-Pedraza, A. F., Soto Bracho, A. Á., & Rodríguez Yzquierdo, G. A. (2025). *Índice de calidad de suelos para una producción sostenible de plátano*. Corporación Universitaria del Meta – UNIMETA.
http://editorial.unimeta.edu.co/pdfs/Indice_calidad_produccion_platano_20250519_confiliaciones.pdf
- González-Pedraza, A., Atencio-Pulgarín, J., & García, B. (2011). Efecto del cultivo de palma aceitera y pastizales sobre algunas propiedades de los suelos. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 28(Supl. 1), 478–491.
<https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/27020/27644>
- González-Pedraza, A., Piñero-Calixtro, E., Atencio-Pulgar, J. (2011). Actividad microbiana en suelos cultivados con palma aceitera, cacao, pasto y bosque natural. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia*. 28. Supl. 1: 592-604.
<http://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/12520/12507>
- Herrera-Cabrera, B. E., Salgado-Garciglia, R., García Hernández, A., Delgado Alvarado, A., López Valdez, L. G., Verduzco Miramón, F. J., & Barrales-Cureño, H. J. (2025). *Sustainable crop management: Agroecology of the future*. En *Plant biotechnology and sustainable agriculture: Bridging the gap for global food security* (pp. 151–164). CABI.
<https://doi.org/10.1079/9781800627659.0011>
- Lara-Calderón, P. L., Lleral, P., & Aguilera-Dugarte, O. (2022). Agroecología: Fundamento educativo indispensable en la educación postmoderna. *Agroalimentaria*, 28(54), 49–65.
<https://www.doi.org/10.53766/Agroalim/2022.28.54.04>
- Nasser, S. ., & González , H. .(2024). Environmental Planning Strategies for the Sustainability of the Agricultural Sector. *SAP Environmental Research and Ecotoxicity*, 3, 114. <https://doi.org/10.56294/ere2024114>
- Sarandón, S. J. (2002). *La agricultura como actividad transformadora del ambiente. El impacto de la agricultura intensiva de la Revolución Verde*. En “*AGROECOLOGIA: El camino hacia una agricultura sustentable*”. Ediciones Científicas Americanas.
- Ruiz-Dager, M., & Paolini-Gomez, J. E. (2021). Biological indicators of lacustrine and alluvial soils in Venezuela under different land use. Part 1. Microbial activity and ecophysiological coefficient. *Revista Terra Latinoamericana*, 39.
<https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.922>
- Yuni, J. A., & Urbano, C. A. (2006). *Técnicas para investigar: Recursos metodológicos para la preparación de proyectos de investigación* (Vol. 1). Editorial Brujas.
- Zhou, W., Arcot, Y., Medina, R. F., Bernal, J., Cisneros-Zevallos, L., & Akbulut, M. E. S. (2024). Integrated pest management: An update on the sustainability approach to crop protection. *ACS Omega*, 9(40), 41130–41147.
<https://doi.org/10.1021/acsomega.4c06628>