LA CALERA Revista Científica
Vol. 26 N° 47, p. 95 - 104 / diciembre 2026

ISSN 1998 – 8850
https://lacalera.una.edu.ni
https://doi.org/10.5377/calera.v26i47.23953

CIENCIA ANIMAL

Análisis sistémico de la diversidad en explotaciones bovinas para la sostenibilidad ganadera

Systemic analysis of diversity in cattle farming systems for livestock sustainability

Bryan Mendieta-Araica[1], Rosario Rodríguez Pérez[2], Jaime Espinal[3], Joar Bravo[4]

[1] PhD. Ciencia Animal, Universidad EARTH, Costa Rica, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8077-7420 / bmendieta@earth.ac.cr

[2] MSc. Agroecología y Desarrollo Sostenible, Investigador Independiente, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4390-1987 / rorope140564@gmail.com

[3] Ingeniero zootecnista, graduado Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, ORCID: https://orcid.org/0009-0002-4480-7992 / jaimereduarte1011@gmail.com

[4] Ingeniero zootecnista, graduado Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, ORCID: https://orcid.org/0009-0003-8228-2215 / joarjosuebravo@gmail.com

Autor de correspondencia: bmendieta@earth.ac.cr



RESUMEN

La sostenibilidad de los sistemas ganaderos se concibe como la capacidad para mantener la productividad y rentabilidad a largo plazo, mediante el uso eficiente de los recursos, el bienestar animal, la conservación ambiental y el desarrollo social. Este estudio evaluó la sostenibilidad multidimensional de un sistema de producción lechera (raza Pardo Suizo) en el departamento de Chontales, Nicaragua. Se adaptó la metodología de coeficiente de manejo de la biodiversidad, considerando 56 indicadores biofísicos y socioeconómicos distribuidos en seis componentes funcionales. El sistema obtuvo un coeficiente de manejo de la biodiversidad global que lo clasifica como medianamente complejo. El estado de la biodiversidad asociada (EBAs = 3.33) y el diseño auxiliar (DMBAu = 2.12) constituyeron los pilares de estabilidad ambiental, respaldados por 42 ha de cercas vivas y un control efectivo de enmalezamiento (<25 %). La dimensión productiva (DMBPr = 1.73) y la conservación del suelo (MCS = 1.66) mostraron niveles de complejidad bajos debido al monocultivo forrajero y a la aplicación marginal de biomasa orgánica (11 % del área). El punto crítico radical se debió al manejo sanitario (MISRPr = 1.00), caracterizado por la dependencia absoluta de acaricidas sintéticos y nula autosuficiencia biológica. Financieramente, el margen neto de utilidad sobre la venta de leche (20 % - 25 %) se ve comprometido

ABSTRACT

The sustainability of livestock systems is defined as the ability to maintain long-term productivity and profitability through the efficient use of resources, animal welfare, environmental conservation, and social development. This study evaluated the multidimensional sustainability of a dual-purpose dairy system (Brown Swiss cattle) located in the Chontales department, Nicaragua. The biodiversity management coefficient framework was adapted to construct a 56-indicator matrix spanning six functional components. Overall results categorized the agroecosystem as moderately complex. The associated biodiversity status (EBAs = 3.33) and auxiliary biodiversity management (DMBAu = 2.12) emerged as primary ecological strengths, driven by 42 hectares of living fences and effective pasture weed control (<25%). Conversely, productive biodiversity (DMBPr = 1.73) and soil conservation (MCS = 1.66) exhibited low structural complexity due to forage monoculture and minimal organic matter recycling (confined to 11% of the total area). The critical bottleneck was identified in veterinary sanitary management (MISRPr = 1.00), defined by total reliance on synthetic acaricides and zero biological input self-sufficiency. Socioeconomically, net profit margins from milk sales (20 % - 25%) are heavily constrained by commercial feed concentrates, which absorb over 25% of gross revenues. While auxiliary floral

Recibido: 17 de septiembre del 2026
Aceptado: 3 de noviembre del 2026

Los artículos de la revista La Calera de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, se comparten bajo términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento, No Comercial, Compartir Igual. Las autorizaciones adicionales a las aquí delimitadas se pueden obtener en el correo donald.juarez@ci.una.edu.ni

Copyright 2026. Universidad Nacional Agraria (UNA).

por los costos de suplementación comercial, que superan el 25 % de los ingresos. Se concluye que el agroecosistema sostiene su funcionalidad mediante la infraestructura vegetal auxiliar, pero requiere la transición inmediata hacia sistemas silvopastoriles intensivos para sustituir insumos externos, reducir costos operativos y frenar la degradación edáfica.
Palabras clave: Agroecología, coeficientes funcionales, indicadores, Pardo Suizo, resiliencia sistémica.

diversity mitigates microclimatic heat stress for European livestock, the system's long-term viability remains vulnerable to input price volatility. Transitioning toward intensive silvopastoral arrangements with nitrogen-fixing shrubs is essential to substitute external inputs, enhance soil fertility, and secure economic resilience.
Keywords: Agroecology, functional coefficients, indicators, Brown Swiss, systemic resilience.

El enfoque de la ganadería sostenible se basa en un conjunto de prácticas orientadas al incremento de la productividad biológica sin que esto comprometa la integridad de los ecosistemas circundantes, basándose principalmente en el uso eficiente y la conservación de los recursos naturales internos del sistema. Autores como Pezo (2019), Moreno *et al*. (2021) y Bravo-Peña *et al*. (2024) evidencian que los modelos ganaderos tradicionales en América Latina y el Caribe enfrentan severos procesos de degradación debido al esquema extractivo del manejo convencional, mismo que se traduce en deforestación, compactación del suelo y pérdida acelerada de biodiversidad. Esta degradación exacerba de manera crítica la dependencia de los ganaderos a insumos químicos y tecnológicos externos, elevando así los costos de producción y reduciendo el margen de rentabilidad y la estabilidad ecológica de las familias (Tittonell 2019; Akça 2025).

En Nicaragua, la ganadería es una de las actividades con mayor relevancia económica e importancia estratégica, no obstante, el manejo predominante es el convencional, sobre todos en sistemas de doble propósito, aunque estos sean los que sostienen la economía rural. Con el fin de mitigar los efectos de la variabilidad climática y los altos costos operativos, el objetivo de esta investigación es proponer la implementación de metodologías científicas que evalúen con precisión el estado situacional y el nivel de complejidad ecológica de las fincas. La caracterización multidimensional basada en indicadores de sostenibilidad permite diagnosticar los puntos críticos del sistema, ofreciendo bases cuantitativas para el diseño de estrategias de transición agroecológicas que armonicen la productividad pecuaria con la provisión de servicios ecosistémicos (Molina y Morales 2025; Nuñez *et al*., 2025).

Este trabajo evaluó la sostenibilidad multidimensional de un sistema lechero especializado en la zona intermedia húmeda de Nicaragua mediante una matriz adaptada de manejo de la biodiversidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y caracterización climática del sitio de estudio. La investigación se desarrolló en la finca "La Trinidad" (Ganadería San Ramón), ubicada en el kilómetro 185 de la carretera Santo Tomás – San Pedro de Lóvago, en el municipio de San Pedro de Lóvago, departamento de Chontales, Nicaragua (12°06.6408' N y 85°07.8982' O). El sitio registra una temperatura media de 28 °C y precipitación anual entre 1 200 mm y 1 400 mm según el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER, 2025). La finca cuenta con 55 hectáreas, en las que predominan suelos francos y franco-arcillosos (Soil Survey Staff, 1999).

Manejo del sistema ganadero. La unidad opera un sistema semi-intensivo de lechería y crianza con ganado Pardo Suizo-americano. El pastoreo es rotacional, con un día de ocupación por potrero mediante cercado eléctrico. La alimentación en el período lluvioso se basa en el pastoreo directo más 0.2 kg de concentrado comercial (Lecherina 5000®) por kilogramo de leche producida. En la época seca, se suministra ensilaje de maíz (*Zea mays*, variedad Nb15) en dosis de 15 kg animal^{-1} día^{-1} exclusivamente al lote de vacas en producción.

Se ejecuta un ordeño diario empleando un sistema mecánico de bomba de vacío, manejando un 80% del hato sin ternero en pie y un 20 % con ternero (principalmente vacas primerizas o de difícil habituación al ordeño). El manejo zoosanitario es convencional con asistencia veterinaria privada. La base forrajera de la finca cuenta con especies como *Panicum maximum* (Mombaza y Colonial), *Urochloa brizantha* (Marandú y Toledo), *Hyparrhenia rufa* (Jaragua), *Brachiaria humidicola*, *Brachiaria mutica* (Pará), *Echinochloa polystachya* (Alemán) y *Pennisetum purpureum* (variedad OM22).

Adaptación metodológica e indicadores. Se ajustó la metodología del Coeficiente de Manejo de la Biodiversidad (CMB) propuesta por Vásquez (2013). Con el fin de ajustar el instrumento estrictamente al perfil ganadero, se excluyeron 15 variables de índole agrícola y se incorporaron siete variables socioeconómicas validadas localmente:

Variables agrícolas eliminadas. Superficie con laboreo mínimo, conservación en preparación del suelo, superficie

bajo riego, sistemas de riego, fuentes de agua agrícola, manejo del drenaje, sistema de drenaje, decisiones sanitarias vegetales, integración biológica vegetal, autosuficiencia de insumos vegetales, diversidad de polinizadores, grupos de reguladores naturales, población de reguladores, macrofauna del suelo, población de macrofauna, incidencia de nematodos, diversidad de fitófagos, diversidad de fitopatógenos.

Variables socioeconómicas agregadas. Nivel de escolaridad/ capacitación del propietario; convivencia e integración familiar; alfabetización de los trabajadores, porcentaje de utilidad neta por venta de leche, costo de mano de obra/ venta de leche, costo de alimentación animal/venta de leche, costos zoosanitarios.

La matriz final quedó estructurada con 56 indicadores evaluados en escala de 1 a 4, en el que 1 representa la vulnerabilidad o simplificación extrema y 4 el umbral óptimo de sustentabilidad y resiliencia.

Se fijó un valor óptimo de referencia para cada componente funcional. Esta meta representa el equilibrio práctico entre rentabilidad y estabilidad ecológica en el trópico húmedo, evitando distorsiones como la erradicación química total de ectoparásitos. Dichos valores de referencia se calcularon ajustando la matriz agroecológica de Vásquez (2013) al contexto geográfico y biológico del trópico húmedo. Se establecen mediante la integración de datos productivos de la zona, umbrales de tolerancia biológica del ganado y costos operativos reales, dibujando así la estructura ideal que debería operar en una explotación pecuaria modelo. Los datos se recolectaron combinando entrevistas al productor, revisión de registros zoosanitarios/financieros y muestreos de campo en parcelas.

Clasificación de indicadores e índices funcionales de la biodiversidad. Con el propósito de sistematizar el análisis de la complejidad ecológica, las variables de la biodiversidad y el entorno humano se agruparon taxonómica y funcionalmente en seis componentes independientes, adaptando los fundamentos teóricos propuestos por Vásquez (2013), que consisten en:

Diseño y manejo de la biodiversidad productiva (DMBPr). Mide la riqueza, abundancia y origen de la biota domesticada (pasturas, cultivos de corte y razas bovinas) que es introducida de forma deliberada, planificada y manejada con fines de rentabilidad comercial o autoconsumo. A fin de calcular el coeficiente de manejo de este indicativo se empleó la siguiente expresión:

$$DMBPr= \sum [2Pr1 + Pr2 + 2Pr3 + Pr4 + Pr5 + Pr6 + Pr7 + Pr8 + Pr9 + Pr10 + Pr11 + 3Pr12 + Pr13 + Pr14 + Pr15 + Pr16 + Pr17 + 2Pr18 + Pr19 + Pr20]/25$$

Manejo y conservación del suelo (MCS). Evalúa las prácticas agronómicas y mecánicas orientadas al mantenimiento de las propiedades físicas, químicas y microbianas del perfil edáfico frente a procesos erosivos (Cuadro 2). Se emplea la expresión siguiente: $MCS=\sum [2S1 + S2 + 2S3 + S4]/6$.

Manejo de intervenciones sanitarias en rubros productivos (MISRPr). Mide la dependencia de insumos químicos o biológicos externos aplicados para el control epidemiológico de plagas y enfermedades (Cuadro 3). Se emplea la expresión siguiente $MISRPr = \Sigma (I1 + 2I2 + I3]/4$.

Diseño y manejo de la biodiversidad auxiliar (DMBAu). Cuantifica la cobertura estructural, diversidad y manejo de la vegetación silvestre o introducida no cultivada que provee servicios ecosistémicos y regular los microclimas (Cuadro 4).

Se emplea la expresión siguiente: $DMBAu= \Sigma [2Au1 + Au2 + 2Au3 + Au4 + 3Au5 + Au6 + Au7 + 2Au8 + Au9 + 2Au10 + Au11 + Au12 + Au13 + 2Au14 + Au15 + 2Au16]/24$.

Estado de la biodiversidad asociada (EBAs). Registra la abundancia y dinámica de la fauna y flora silvestre no planificada dentro del predio (Cuadro 5). Para determinar el indicativo se utiliza la expresión siguiente: $EBAs=\Sigma [As1 + As2 + As3 + As4 + As5 + As6]/6$.

Componente socioeconómico (Sce). Evalúa el capital humano, la integración familiar y la solidez financiera de la finca (Cuadro 6). La expresión usada fue: $(Sce) =\Sigma [Sce1 + Sce2 + Sce3 + Sce4 + Sce5 + Sce6 + Sce7]/7$.

La ponderación en algunos de los indicadores evaluados en los componentes funcionales varía según la influencia directa de cada variable en la estabilidad y productividad del agroecosistema. No todos los factores alteran el funcionamiento biológico con la misma fuerza. Esta diferenciación evita distorsiones y prioriza las prácticas que sostienen la autonomía ecológica de la finca.

Integración del coeficiente de manejo de la biodiversidad (CMB). La complejidad global resulta del promedio de los seis componentes:

$$CMB: \frac{DMBPr+MCS+MISRPr+DMBAu+EBAs+Sce}{6}$$

Escala de interpretación:

0.1 – 1.0: Simplificado
1.1 – 2.0: Poco complejo
2.1 – 3.0: Medianamente complejo
3.1 – 3.5: Complejo
3.6 – 4.0: Altamente complejo

Cuadro 1. Indicadores y escalas para estimar los diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad productiva (DMBPr)

Indicadores	Complejidad
Tipos de rubros productivos (Pr1)	1: Ha integrado 1-2 tipos de rubros productivos; 2: Ha integrado tres tipos de rubros productivos; 3: Ha integrado más de tres tipos de rubros productivos; 4: Ha integrado más de tres tipos de rubros productivos vegetales y animales
Diversidad de especies de cultivos herbáceos y arbustivos (Pr2)	1: 1-3 cultivos; 2: 3-6 cultivos; 3: 7-10 cultivos; 4: Más de 10 cultivos
Aprovechamiento de los sistemas de cultivos temporales (Pr3)	1: Menos del 25 % de la superficie con 2-3 siembras; 2: 25-50 % de la superficie con 2-3 siembras; 3: Más del 50 % de la superficie con dos siembras; 4: Más del 50 % de la superficie con tres siembras
Superficie con diseños en policultivos (Pr4).	1: Menos 26 %; 2: 26-50 %; 3: 51-75 %; 4: Más del 75 %
Complejidad de diseños en policultivos (Pr5)	1: Dos especies asociadas o intercaladas; 2: Tres especies asociadas o intercaladas; 3: Cuatro especies asociadas e intercaladas 4: Más de cuatro especies asociadas e intercaladas
Diversidad de especies en sistemas de cultivos arbóreos (Pr6)	1: Una especie; 2: Dos especies; 3: Tres especies; 4: Más de tres especies
Superficie con diseños agroforestales (Pr7)	1: Menos 26 %; 2: 26-50 %; 3: 51-75 %; 4: Más del 75 %
Complejidad de diseños agroforestales (Pr8)	1: Dos especies integradas; 2: Tres especies integradas; 3: Cuatro especies integradas; 4: Más de cuatro especies integradas
Diversidad de animales en sistemas de crianza (Pr9)	1: 1-2 especies; 2: 3-4 especies; 3: 5-6 especies; 4: Más de 6 especies
Superficie con diseños silvopastoriles (Pr10)	1: Menos 26 %; 2: 26-50 %; 3: 51-75 %; 4: Más del 75 %
Complejidad vegetal de diseños silvopastoriles (Pr11)	1: Dos especies integradas; 2: Tres especies integradas; 3: Cuatro especies integradas; 4: Más de cuatro especies integradas
Complejidad de sistema con diseño mixto (Pr12)	1: Integran en la misma superficie diversidad de especies de 1-2 rubros productivos; 2: Integran en la misma superficie diversidad de especies de 3-4 rubros productivos; 3: Integran diversidad de especies de 5-6 rubros productivos; 4: Integran diversidad de especies de más de seis rubros productivos.
Superficie de sistemas de cultivos complejos (Pr13). (Pr4 + Pr7 + PR10 + Pr12).	1: Menos 26 %; 2: 26-50 %; 3: 51-75 %; 4: Más del 75 %
Procedencia del material de siembra (Pr14)	1: 100 % nacional; 2: 50-50% (nacional-región); 3: Mas 50-70 % forma productiva propia; 4: Mas 70 % propia
Origen de variedades (Pr15)	1: 100 % importado; 2: Entre 40-60 % nacional-importado; 3: Mas 60 % obtenido en la forma productiva y propia; 4: Mas 70 % propia (incluye autóctonas)
Tipo racial (Pr16)	1: Cuatro razas; 2: Tres razas; 3: Dos razas; 4: Una raza
Procedencia de pie de crías de animales (Pr17)	1: 100 % nacional; 2: 50-50% (nacional-región); 3: Mas 50-70 % forma productiva propia; 4: Mas 70 % propia
Origen de razas (Pr18)	1: 100 % importado; 2: Entre 40-60 % nacional-importado; 3: Mas 60 % obtenido en la forma productiva y propia; 4: Mas 70 % propia (incluye autóctonas)
Edades de incorporación reproductiva (Pr19)	1: 18 meses – 20 meses; 2: 20 meses – 22 meses; 3: 22 meses – 24 meses; 4: 24 meses a más
Autosuficiencia en alimento para animales de crianza (Pr20)	1: Genera hasta el 25 %; 2: Genera hasta el 50 %; 3: Genera hasta el 75 %; 4: Genera más del 75 %.

Fuente: Adaptado de Vásquez (2013).

Cuadro 2. Indicadores y escalas para evaluar el manejo y conservación de suelos (MCS)

Indicadores	Complejidad
Sistema de rotación de cultivos (S1)	1: Rota, pero sin estar planificado o diseñado; 2: Tiene un sistema de rotación concebido según demandas del suelo (propiedades); 3: El sistema de rotación planificado considera además de 2, la reducción de incidencia de arvenses; 4: El sistema de rotación es holísticos decir, considera diferentes propósitos (suelo, arvenses, plagas, enfermedades).
Diversidad de fuentes de biomasa orgánica (S2)	1: Cuando incorpora un tipo de fuente de materia orgánica; 2: Cuando incorpora dos tipos; 3: Cuando incorpora tres tipos; 4: Cuando incorpora más de tres tipos
Superficie con incorporación de biomasa orgánica (S3)	1: Menos del 25 %; 2: Entre el 26 y 50 %; 3: Entre el 50-75 %; 4: Más del 75 %
Superficie con prácticas anti erosivas (S4)	1: Menos del 25 % superficie sistema; 2: Entre el 26 y 50 % superficie sistema; 3: Entre el 50-75 % superficie sistema; 4: Más del 75 % superficie sistema

Fuente: Adaptado de Vásquez (2013).

Cuadro 3. Indicadores y escalas para evaluar el manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos

Indicadores	Complejidad
Decisiones de intervenciones en rubros productivos animales (I1)	1: Cuando realiza igual o mayor número de intervenciones; 2: Cuando se ha reducido entre un 20-40 % el número de intervenciones; 3: Cuando se han reducido entre un 41-60 %; 4: Cuando se han reducido en más de un 60 %
Integración de intervenciones biológicas en rubros productivos animales (I2)	1: Menos del 20 % de insumos biológicos; 2: 21-40 % de insumos biológicos; 3: 41-60 % biológicos; 4: Más del 60 % de insumos biológicos
Nivel de autosuficiencia de insumos para intervenciones en rubros vegetales y animales (I3)	1: Genera hasta el 25 % de los insumos utilizados; 2: Genera hasta el 50 %; 3: Genera hasta el 75 %; 4: Genera más del 75 %

Fuente: Adaptado de Vásquez (2013).

Cuadro 4. Indicadores y escalas para evaluar el diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad auxiliar (DMBAu)

Indicadores	Complejidad
Superficie con barreras vivas laterales (Au1)	1: Menos 25 % campos; 2: 26-50 % campos; 3: 51-75 % campos; 4: Mas 75 % campos
Diversidad de especies en barreras vivas laterales (Au2)	1: Una especie; 2: Dos especies; 3: Tres especies; 4: Más de tres especies
Superficie con barreras vivas intercaladas (Au3)	1: Menos 25 % campos; 2: 26-50 % campos 3: 51-75 % campos; 4: Mas 75 % campos
Diversidad de especies en barreras vivas intercaladas (Au4)	1: Una especie; 2: Dos especies; 3: Tres especies; 4: Más de tres especies
Corredores ecológicos internos (Au5)	1: Existen, pero sin considerar sus funciones; 2: Se conservan sin intervenciones para garantizar sus funciones; 3: Se incrementan según diseño; 4: (2) o (3) + se conectan con barreras vivas y cerca viva perimetral
Diversidad de especies en corredores ecológicos internos (Au6)	1: Una especie predominante (mayor 30 %); 2: Dos especies predominantes; 3: Tres especies predominantes; 4: Más de tres especies predominantes
Diversidad estructural de los corredores ecológicos internos (Au7)	1: 1-2 especies arbóreas integradas; 2: (1) + 1-2 especies arbustivas; 3: (1) + (2) + 1-2 especies herbáceas; 4: Mas de tres especies arbustivas o arbóreas
Manejo de ambientes seminaturales (Au8)	1: Existen, pero sin considerar sus funciones; 2: Se conservan sin intervenciones para garantizar sus funciones; 3: Se incrementan; 4: Se mejoran sus funciones integrando plantas necesarias
Diversidad estructural de los ambientes seminaturales (Au9)	1: Predominan 1-2 especies arbóreas integradas; 2: (1) + predominan 1-2 especies arbustivas; 3: (1) + (2) + predominan 1-2 especies herbáceas; 4: Predominan más de cinco especies arbustivas o arbóreas
Manejo de arboledas (Au10)	1: Existen, pero sin considerar sus funciones; 2: Se conservan sin intervenciones para garantizar sus funciones; 3: Se incrementan; 4: Se mejoran sus funciones integrando plantas necesarias
Diversidad estructural de las arboledas (Au11)	1: Predominan 1-2 especies arbóreas integradas; 2: (1) + predominan 1-2 especies arbustivas; 3: (1) + (2) + predominan 1-2 especies herbáceas; 4: Predominan más de cinco especies arbustivas o arbóreas
Manejo de cerca perimetral (Au12)	1: Menos 25 % de la periferia; 2: 26-50 %; 3: 51-75%; 4: Más 75 %
Diversidad estructural de la cerca viva perimetral (Au13)	1: 1-2 especies arbóreas integradas; 2: (1) + 1-2 especies arbustivas; 3: (1) + (2) + 1-2 especies herbáceas; 4: Mas de tres especies arbustivas o arbóreas
Tolerancia de arvenses (Au14)	1: Solo en la etapa final del cultivo; 2: Desde que pasa el periodo crítico del cultivo; 3: Según grado de incidencia; 4: Durante todo el cultivo, de acuerdo con la incidencia de especies más competitivas
Diversidad de animales para labores (Au15)	1: Una especie; 2: Dos especies; 3: Tres especies; 4: Más de tres especies.
Fuentes de abasto de agua para uso agrícola (Au16)	1: Acueducto; 2: Pozo; 3: Natural; 4: Colecta de lluvia

Fuente: Adaptado de Vásquez (2013).

Cuadro 5. Indicadores y escalas para evaluar el estado de la biodiversidad asociada (EBAs)

Indicadores	Complejidad
Incidencia de arvenses (As1)	1: Más de 75 % grado de enmalezamiento; 2: Entre 51 y 75 % grado de enmalezamiento; 3: Entre 26-50 % grado de enmalezamiento; 4: Menos 25 % grado de enmalezamiento
Diversidad de arvenses (As2)	1: Se observan tres especies; 2: Se observan 3-7 especies; 3: Se observan 8-11 especies; 4: Se observan más de 11 especies.
Incidencia de organismos nocivos en los cultivos (As3)	1: Más del 75 % superficie afectada; 2: Entre 51-75 %; 3: Entre 26-50 %; 4: Menos 25 %.
Incidencia de organismos nocivos en los animales de cría (As4)	1: Más del 75 % individuos afectados; 2: Entre 51-75 %; 3: Entre 26-50 %; 4: Menos 25 %.
Diversidad de parásitos en animales de cría (As5)	1: Se observa una especie; 2: Se observan dos especies; 3: Se observan tres especies; 4: Se observan más de tres especies.
Diversidad de enfermedades de animales de cría (As6)	1: Se observa una enfermedad; 2: Se observan dos enfermedades; 3: Se observan tres enfermedades; 4: Se observan más de tres enfermedades

Fuente: Adaptado de Vásquez (2013).

Cuadro 6. Indicadores y escalas para evaluar el estado socioeconómico de la unidad de producción

Indicadores	Complejidad
Grado de estudio o capacitación de propietario (Sce1)	1: Analfabetismo; 2: Grados primarios; 3: Técnicos; 4: Profesionales
Grado de convivencia e integración familiar (Sce2)	1: Ninguno; 2: Familia y Trabajadores; 3: Familia de trabajadores y familia dueña; 4: Solo familia
Cantidad de trabajadores alfabetizados (Sce3)	1: Ninguno; 2: 1; 3: 2 – 3; 4: 3 a más
Porcentaje de utilidad según venta de leche (Sce4)	1: 15% – 20 %; 2: 20% – 25%; 3: 25 – 30 %; 4: 30% a mas
Costo de mano de obra según venta de leche (Sce5)	1: 20 % - 25 %; 2: 15 % - 20 %; 3: 10 % - 15 %; 4: 5 % - 10 %
Costos de alimentación animales según venta de leche (Sce6)	1: 25 % - a más; 2: 20 % - 25 %; 3: 15 % - 20 %; 4: 10 % - 15 %
Costos zoosanitarios (Sce7)	1: 25 % - a más; 2: 20 % - 25 %; 3: 15 % - 20 %; 4: 10 % - 5 %

Fuente: Adaptado de Vásquez (2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los coeficientes funcionales obtenidos tras la consolidación de los datos de campo se presentan en el Cuadro 7, y se contrastan los valores actuales frente al óptimo teórico sistémico.

Diseño y manejo de la biodiversidad productiva (DMBPr). El valor de 1.73 ubica al componente en la categoría de "Poco complejo". La finca opera bajo un modelo monoproductivo comercial estricto, concentrado en la lechería y cría bovina. La falta de cultivos comerciales o especies secundarias

Cuadro 7. Coeficientes funcionales de la finca “La Trinidad” Ganadería San Ramón

Coeficiente funcional evaluado	Coeficiente actual	Nivel óptimo	Grado de complejidad actual
Diseño y manejo de la biodiversidad productiva (DMBPr)	1.73	2.20	Poco complejo (pc)
Manejo y conservación del suelo (MCS)	1.66	2.00	Poco complejo (pc)
Manejo de las intervenciones sanitarias (MISRPr)	1.00	2.00	Simplificado (s)
Diseño y manejo de la biodiversidad auxiliar (DMBAu)	2.12	2.13	Medianamente complejo (mc)
Estado de la biodiversidad asociada (EBAs)	3.33	2.67	Complejo (c)
Socioeconómicos (SCe)	2.71	3.29	Medianamente complejo (mc)

castigó los indicadores de tipos de rubros (Pr1) y complejidad de diseño mixto (Pr12).

Esta simplificación estructural refleja la vulnerabilidad de los agroecosistemas neotropicales convencionales. González-Esquivel *et al*. (2020) advierten que la alta dependencia de monocultivos forrajeros degrada la matriz ecológica y debilita la resiliencia climática del paisaje.

Una moderada diversidad forrajera compensa parte del déficit. El área utiliza de *Zea mays* L. (3.5 %) para ensilaje, *Panicum maximum* cv. Mombaza (39 %), *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (41 %), *Brachiaria arrecta* (10 %) y *Pennisetum purpureum* cv. OM22 (2 %). El manejo rotacional impone periodos de descanso fijos de 35 a 40 días post-pastoreo. El germoplasma forrajero proviene de casas comerciales o donaciones gubernamentales (Pr15=2).

En el ámbito zootécnico, la raza Pardo Suizo alcanzó un puntaje de 3 (Pr 16). Tras 35 años de selección, el hato presenta grados de absorción de 15/16 y 31/32 sobre base Brahman. Esta estirpe logra la primera preñez entre los 20 y 22 meses (Pr 9 =2). Esto es posible porque la biomasa propia cubre más del 75 % del consumo basal (Pr 20 = 4). Quinteros *et al*. (2019) confirman que la cruza Pardo Suizo x Brahman alcanza la madurez sexual a tiempo cuando la oferta energética no cae durante el crecimiento.

La gran falla del área productiva es la ausencia de bancos de proteína con leguminosas arbustivas. Más del 90 % de las explotaciones de la zona húmeda centroamericana operan bajo esta misma especialización excluyente. Integrar arreglos silvopastoriles resulta urgente. Gómez-Villalva *et al*. (2019) demuestran que incorporar especies leñosas reduce la dependencia de insumos externos y transforma la simplificación ganadera en sistemas adaptados al estrés térmico crónico.

Manejo y conservación del suelo (MCS). El componente obtuvo un puntaje de 1.66 puntos (Poco complejo). No obstante, el sistema de rotación de cultivos (S1) alcanzó la máxima nota de 4. El productor aplica un diseño empírico pero riguroso. Planifica la rotación de los potreros observando variables físicas directas. Mide el riesgo de encharcamiento topográfico, evalúa la susceptibilidad a plagas y mapea los patrones de sombra arbórea.

La fertilización orgánica colapsó el indicador S3 a 1. Sólo el 11 % de la superficie total recibe abono (6 hectáreas aisladas de maíz, pastos de corte y zonas de bajo rebrote). Las fuentes de materia orgánica (S2 = 2) son escasas; el estiércol que deja el ganado al pastorear y el efluente residual crudo de un biodigestor de flujo continuo. Este vertido se aplica mediante aspersiones foliares localizadas, sin enriquecer la estructura profunda del suelo.

Las prácticas anti-erosivas (S4 = 3) evitan el hundimiento total del índice. El 85 % del predio presenta una topografía semi-ondulada. El productor construyó canales de desagüe que dirigen las escorrentías de lluvia hacia reservorios artificiales. Esto frena el arrastre de la capa arable.

Mantener pasturas sin enmiendas orgánicas provoca degradación del terreno, reduce la actividad microbiana y detiene la captura de carbono edáfico. Autores como Valencia (2025) y Giraldo y Chará (2022) confirman que más de la mitad de los pastizales tropicales no fertilizados sufren procesos severos de compactación. Carrascosa *et al*. (2026) demuestran empíricamente que integrar prácticas orgánicas y restituir el flujo de biomasa es crucial para revertir las pérdidas de carbono y restaurar la calidad del suelo en sistemas agropecuarios.

Manejo de intervenciones sanitarias en rubros productivos (MISRPr). Con un índice de 1, el componente cayó en la categoría de "Simplificado". El productor rotó moléculas químicas y calibró bombas, reduciendo un 40 % las aplicaciones acaricidas (I1 = 2). A pesar de esto, el control de ectoparásitos depende por completo de la síntesis química convencional.

La raza Pardo Suizo presenta una susceptibilidad altísima a los hemoparásitos y vectores mecánicos. Esta debilidad biológica obliga a aplicar quimioterápicos sin tregua. Agwunobi *et al*. (2021) explican que el uso repetitivo de ectoparasiticidas sintéticos acelera de forma directa la selección genética de resistencia en garrapatas ixódidas. Sostener este modelo farmacológico garantiza el colapso sanitario a corto plazo.

La integración de insumos biológicos (I2) y la autosuficiencia en insumos sanitarios (I3) se ubicaron en el nivel mínimo de 1. Las alternativas agroecológicas en esta finca son casi anecdóticas [cocimientos botánicos caseros para afecciones podales fúngicas (enfermedades o lesiones en las pezuñas) o tratamientos empíricos para la papilomatosis bovina]. La inercia de la ganadería tropical convencional se repite aquí. Escasea la mano de obra, domina el arraigo cultural por el fármaco de choque rápido. Nwanade *et al*. (2020) advierten que los acaricidas botánicos dejaron de ser prácticas folclóricas, consolidándose como alternativas de probada eficacia para repeler vectores sin detonar resistencia cruzada.

La dependencia toxicológica tiene un precio físico innegable ya que arruina la inocuidad agroalimentaria y propicia el lavado de residuos químicos peligrosos hacia los recursos hídricos superficiales de la región.

Diseño y manejo de la biodiversidad auxiliar (DMBAu). El componente registró un coeficiente de 2.12 (Medianamente complejo). La finca protege el 75 % de sus límites mediante

una densa red de cercas vivas y barreras laterales (Au1 = 3), lo que suma 42 hectáreas bajo esta estructura.

El inventario botánico identificó 12 especies arbóreas funcionales (Au2 = 4): *Enterolobium cyclocarpum* (Guanacaste), *Gliricidia sepium* (Madero negro), *Guazuma ulmifolia* (Guácimo), *Swietenia macrophylla* (Caoba), *Cedrus* spp. (Cedro), *Quercus robur* (Roble), *Pinus montezumae* (Ocote), *Ficus insipid*a (Chilamate), junto a los frutales *Persea americana* (Aguacate), *Mangifera indica* (Mango) y *Melicoccus bijugatus* (Mamón). Las barreras vivas internas cubren el 32 % del área (Au3 = 2). El manejo sustituye de forma continua los postes muertos de madera aserrada por estacas prendidas (Au4 = 4).

Los corredores ecológicos (Au5 = 2) y las áreas seminaturales (Au8 = 4) se concentran en las márgenes del río y los bordes de las lagunas artificiales. Son áreas de conservación sin extracción maderera. La cobertura vegetal de estos corredores (Au7 = 4) mantiene un dosel de al menos ocho especies arbóreas y arbustivas nativas asociadas a pastos naturales tolerantes a la sombra como el pasto retana (*Ischaemum indicum*). Este microclima reduce la carga de estrés térmico en el ganado durante la rumia. El manejo de árboles dispersos aplica podas estratégicas para regular la penetración de luz hacia el sotobosque (Au10 = 4, Au11 = 4).

La cerca perimetral (Au12 = 4) integra cuatro estratos arbóreos donde domina *Enterolobium cyclocarpum* por su tolerancia a la sequía (Au13 = 3). El control de arvenses (Au14 = 3) sigue un criterio de tolerancia selectiva. Elimina especies competitivas de hoja ancha como la escoba (*Sida acuta* Burm.f.), coyolillo (*Ciperus rotundus* L.) y conjunto de plantas con espinas mediante chapias mecánicas y aplicaciones focalizadas de herbicida. El abasto de agua (Au16 = 2) combina el cauce del río, la cosecha pluvial en lagunas trinchera y un sistema de bombeo mecánico hacia tanques elevados que distribuyen agua por gravedad a bebederos fijos. Esta red evita que el ganado camine distancias largas.

Esta integración de estratos leñosos en los linderos contrarresta la simplificación del pastizal abierto. Carvajal *et al*. (2022) y Vivas *et al*. (2024) demostraron que las cercas vivas diversificadas conectan fragmentos de bosque y refugian faunas de insectos depredadores sin restar espacio al ganado.

Estado de los elementos de la biodiversidad asociada (EBAs). Este es el componente funcional que obtuvo el mayor puntaje (3.33), esto debido entre otras cosas a que el indicador As1 (Incidencia de arvenses) obtuvo una calificación de 4. El enmalezamiento ocupa menos del 25 % de la superficie total. El pastoreo rotacional intensivo (un potrero por día) impulsado con cercas eléctricas frena el establecimiento de plantas competidoras. Este manejo sostiene una alta cobertura de *Panicum maximum* cv. Mombaza y *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. Las chapias mecánicas aplicadas durante los periodos de descanso de 35 a 40 días completan el control. Sin embargo, la diversidad de arvenses (As2) descendió a 2 puntos debido a la persistencia de tres a siete especies, predominantemente *Sida acuta*, *Ciperus rotundus* y zarzales. La humedad ambiental de esta zona intermedia favorece la reaparición constante de estas especies invasoras a pesar del sotobosque denso.

El control biológico natural funciona bien. La incidencia de organismos nocivos en cultivos (As3) alcanzó un valor de 4 (afectación menor al 25 % en las 2 ha de maíz y en las pasturas). La cobertura arbórea dispersa y los linderos vivos proveen nichos ecológicos para la avifauna e insectos depredadores. Esta biodiversidad asociada regula las poblaciones de plagas fitófagas sin requerir insecticidas sintéticos. Gutiérrez y Mendieta (2022) afirman que la presencia de estratos leñosos en fincas ganaderas estabiliza las redes tróficas y reduce los brotes de insectos en forrajes.

La respuesta sanitaria del hato muestra un comportamiento heterogéneo. La incidencia de ectoparásitos (As4 = 4) se mantiene por debajo del 25 % de los animales. El productor rota los principios activos en los baños garrapaticidas y ajusta las dosis para ralentizar la resistencia genética de moscas y garrapatas. El control de estos vectores en América Central y el mundo exige combinar el manejo de potreros con la aplicación estratégica de antiparasitarios (Rodriguez-Vivas *et al*. 2017).

La diversidad de parásitos (As5 = 3) y enfermedades (As6 = 3) revela la vulnerabilidad del ganado europeo. El sistema registra tres grupos de parásitos (garrapatas, moscas de los cuernos y ácaros) y tres patologías recurrentes: pododermatitis fúngica por anegamiento del suelo, papilomatosis cutánea y brotes de clostridiosis. Vacunas bacterianas y remedios botánicos podales contienen las pérdidas. El cruce por absorción con razas cebuinas es clave para reforzar las defensas del hato (Chará *et al*., 2020).

Componente socio-económico (SCe). El componente (Sce = 2.71) muestra una brecha entre la capacidad técnica del manejo y la rentabilidad real de la finca. El propietario es Ingeniero (Sce1 = 4). Esta formación facilita el uso de inseminación artificial a celo natural y la gestión del biodigestor. Los 2 a 3 trabajadores fijos están alfabetizados (Sce3 = 3). Ejecutan las rutinas de ordeño mecánico, movimiento de cercas y aplicación de fármacos.

La falencia social (deficiencia, carencia o debilidad) recae en el relevo generacional (Sce2 = 2). El trabajo físico descansa en peones contratados. La familia propietaria no participa en el manejo diario. Financieramente, el margen neto de utilidad por leche (Sce4 = 2) es ajustado: oscila entre el 20 % y el 25 %. La compra de alimento concentrado (Sce6 = 1) devora más del 25 % de los ingresos brutos. El hato consume 95 kg día-1 de concentrado balanceado, sumado a vitaminas

y minerales inyectables. La mano de obra (Sce5 = 2) absorbe entre el 15 % y el 20 % de la venta de leche, mientras que los medicamentos veterinarios (Sce7 = 2) insumen otro 20 % o 25 %. Depender de la leche fluida como único ingreso expone la finca a los vaivenes del mercado (Ramírez *et al*., 2025). Chávez (2022) enfatiza que la baja diversificación y la falta de integración familiar ponen en riesgo la continuidad de estas empresas lecheras.

Análisis integrado de sostenibilidad sistémica. El Coeficiente de Manejo de la Biodiversidad general califica al sistema como medianamente complejo. El análisis multidimensional denota que la principal fortaleza de la finca es su infraestructura biológica de soporte ambiental (DMBAu = 2.12; EBAs=3.33), la que genera un microclima favorable que atenúa el impacto del estrés calórico sobre el genotipo europeo Pardo Suizo. Sin embargo, la resiliencia global se ve comprometida por el bajo desempeño de los componentes productivo (DMBPr = 1.73) e interventivo (MISRPr = 1).

De acuerdo con el diagnóstico socioeconómico, el sistema presenta debilidades estructurales vinculadas a la nula diversificación de ingresos monetarios (dependencia exclusiva del precio de acopio de la leche líquida) y deficiencias en la integración del relevo generacional y optimización financiera de los costos de alimentación (concentrados externos). Para alcanzar un umbral de sostenibilidad fuerte, el agroecosistema debe reconvertir sus cercas vivas y arboledas en sistemas silvopastoriles intensivos multiestratos, incorporando leguminosas arbustivas fijadoras de nitrógeno como *Leucaena leucocephala* Lam. o *Cratylia argéntea* Kuntze) que sustituyan el uso de concentrados comerciales y mejoren simultáneamente la fertilidad biológica del suelo (Gutiérrez y Mendieta 2022).

CONCLUSIONES

La caracterización multidimensional modificada demostró que el sistema agropecuario evaluado se clasifica estructuralmente como medianamente complejo, evidenciando un desequilibrio entre su robusta base ecológica auxiliar y una simplificación en sus componentes de manejo productivo y sanitario.

La principal debilidad del agroecosistema radica en su alta dependencia de insumos externos, manifestada en el uso continuo de fármacos sintéticos veterinarios para el control de ectoparásitos y la compra de concentrados comerciales, así como en la bajísima tasa de incorporación de biomasa orgánica en las pasturas dominantes.

Las alternativas de mejora deben orientarse hacia el establecimiento de sistemas silvopastoriles intensivos y bancos forrajeros proteicos utilizando la diversidad arbórea existente en la finca, lo que permitirá incrementar la autosuficiencia alimentaria, reducir los costos operativos y potenciar la fertilidad del suelo bajo un enfoque de ganadería climáticamente inteligente.

AGRADECIMIENTOS

Se expresa un especial reconocimiento al Ing. Alcides Ramón Mendoza Vega y a su apreciable familia por abrir de manera altruista las puertas de la ganadería San Ramón, brindando las facilidades logísticas y compartiendo su valiosa información de campo durante la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akça, A. (2025) Enhancing climate resilience and sustainability through agroecology: A review of key principles and recent advances (2020-2025). *World journal of advanced research and reviews*, *26*(3), 2189-2209. https://doi.org/10.30574/wjarr.2025.26.3.2358

Agwunobi, D., Yu, Y. y Liu, J. (2021). Revisión retrospectiva sobre la resistencia de las garrapatas ixódidas a los acaricidas sintéticos: implicaciones y perspectivas para la prevención y mitigación de la resistencia en el futuro. F*isiología Bioquímica de Plaguicidas*, 173, Artículo 104776.

Bravo-Peña, F., Castillo, A., Morales, F. y Rivera, R. (2024). *Ganadería regenerativa: definición, caracterización y recomendaciones de políticas*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/490116fd-3d06-47cf-9f98-213e717d2d82/content

Carrascosa, A., Carrara, A., Nadolski, L. y Moreno, G. (2026). Una mejor gestión reduce las pérdidas de carbono en pastizales semiáridos: un análisis de los flujos de CO_2 a gran escala obtenidos con cámaras portátiles. *Meteorología Agrícola Forestal*, 385, Artículo 111215.

Carvajal, M., Murgeitio, E. y Calle, Z. (2022). Sistemas silvopastoris e conectividade ecológica em uma paisagem de pastagem da região Magdalena médio, Colômbia. *Revista Agroecossistemas*, *14*(2), 134–153 https://doi.org/10.18542/ragros.v14i2.13604

Chará, J., Reyes, E., Peri, P., Otte, J., Arce, E. y Schneider, F. (2020). *Sistemas silvopastoriles y su contribución al mejor uso de los recursos y a los objetivos de desarrollo sostenible: evidencia de América Latina*. FAO, CIPAV y Agri Benchmark. https://cipav.org.co/wp-content/uploads/2020/09/SSP-contribucion-uso-efic-recursos.pdf

Chávez, L. (2022). *Factores tecnológicos, económicos y socioambientales que influyen en la sustentabilidad de unidades lecheras de pequeña escala en Maravatío, Michoacán, México* [Tesis doctoral, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco]. XOOK. https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/bitstream/123456789/27160/1/150035.pdf

Giraldo, N. y Chará, J. (2022). Efecto de los sistemas silvopastoriles intensivos en la reducción de la degradación física y biológica del suelo. *Livestock Research for Rural Development*, 34(3). https://www.lrrd.org/lrrd34/3/3417vicky.html

Gómez-Villalva J, Cobos-Mora F. y Hasang-Moran E. (2019). Sostenibilidad de los sistemas de producción de ganadería extensiva. *Revista Ciencia e Investigación*, *4*, 180-195 https://doi.org/10.5281/zenodo.3594078

González-Esquivel, C., Balvanera, P., Castillo, A., Mora, F., García-Barrios L., & Sánchez, R. (2020). Management strategies, silvopastoral practices and socioecological drivers in traditional livestock systems in tropical dry forest: An integrated analysis. *Forest Ecology and Management*, *476*, Article 118506.

Gutiérrez, C. y Mendieta-Araica, B. (2022). Sistemas silvopastoriles: una alternativa para la ganadería bovina sostenible, *La Calera*, *22*(38), 46-52. https://doi.org/10.5377/calera.v22i38.14193

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. (2025). *Boletín climático 2025*.

Molina, R. y Morales, F. (2025). Análisis multidimensional de agroecosistemas ganaderos de doble propósito en laderas del Valle del Cauca. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, *27*, Artículo e27777. https://doi.org/10.18271/ria.2025.777

Moreno, L., Díaz, M. F. y Burkart, S. (2021). *Políticas públicas y sistemas silvopastoriles en Latinoamérica: un estudio comparado. Políticas en Síntesis No. 58*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Nwanade, C., Wang, M., Wang, T., Yu, Z., & Liu, J. (2020). Botanical acaricides and repellents in tick control: current status and future directions. *Exp Appl Acarol, 81*, 1–35. https://doi.org/10.1007/s10493-020-00489-z

Núñez Ramos, P. A., Wagner, B. y Pulido-Blanco, V. C. (2025). Indicadores de sostenibilidad aplicados a la ganadería de doble propósito de Santiago Rodríguez, República Dominicana. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, *12*(3), 52-70. https://riiarn.umsa.bo/index.php/RIIARn/article/view/423/332

Pezo, D. (2019). *Intensificación sostenible de los sistemas ganaderos frente al cambio climático en América Latina y el Caribe: Estado del arte*. https://doi.org/10.18235/0001722

Quinteros, R., Di Masso, R. y Marini, P. (2019) Patrón de crecimiento durante la primera gestación de vaquillonas cruza con padre Brahman y diferente genotipo materno. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, *30*(2), 40-47 https://doi.org/10.17163/lgr.n30.2019.04

Ramírez, M., Chávez, R. y Ramírez, R. (2025). Factores que definen la rentabilidad en sistemas de producción de ganado bovino en pequeña escala. *Revista Mexicana de Agronegocios*, *54*, 1-15. https://www.redalyc.org/journal/141/14179345007/html/

Rodríguez-Vivas, R., Jonsson, N. y Bhushan, C. (2017). Estrategias para el control de las garrapatas Rhipicephalus microplus en un mundo de resistencia a los acaricidas convencionales y a las lactonas macrocíclicas. *Parasitology Research*, *117*(1), 3–29

Soil Survey Staff. (1999). *Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making*
and Interpreting Soil Surveys. United States Department of Agriculture. https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-06/Soil%20Taxonomy.pdf

Tittonell, P. (2019). Las transiciones agroecológicas: múltiples escalas, niveles y desafíos. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, *51*(1), 231-246. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-86652019000100017&lng=es&tlng=es

Valencia Escalona, D. R. (2025). Impacto de los sistemas agropecuarios sobre la calidad ambiental en zonas tropicales: Revisión bibliográfica. *AgroPastaza Prisma*, *1*(2), Artículo e000006. https://prismaamazonico.com/index.php/prisma-pastaza/article/view/42/167

Vásquez, L. (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. https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/182951

Vivas, N., Gutiérrez, J. y Morales, S. (2024). *Sistemas silvopastoriles para una ganadería ecoeficiente*. Universidad del Cauca.