



Evaluación de sostenibilidad ambiental en sistemas agroforestales de pequeños productores del Distrito de José Crespo y Castillo

Assessment of environmental sustainability in agroforestry systems of small-scale producers in the José Crespo y Castillo District

Avaliação da sustentabilidade ambiental em sistemas agroflorestais de pequenos produtores no Distrito de José Crespo y Castillo

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:

<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v10i28.461>

Frank Jonel Rios Sifuentes¹

frank.rios@unas.edu.pe

José Kalion Guerra Lu¹

guerralu2@yahoo.com

Leiwer Flores Flores³

lflores@unc.edu.pe

Victorino Rivas Pulache¹

victorino.rivas@unas.edu.pe

Manuel Reategui Inga²

mreategui@uniscjsa.edu.pe

Alan Guillermo Gallo Álvarez Perú⁴

agalvarez@unaaa.edu.pe

¹Universidad Nacional Agraria de la Selva. Huánuco, Perú

²Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa. Junín, Perú

³Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú

⁴Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas. Loreto, Perú

Artículo recibido: 7 de noviembre 2025 / Arbitrado: 20 de diciembre 2025 / Publicado: 7 de enero 2026

RESUMEN

La implementación de sistemas agroforestales representa una alternativa viable frente a la degradación ambiental en la Amazonía peruana, donde los pequeños productores enfrentan el desafío de equilibrar la producción agrícola con la conservación de los recursos naturales. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la sostenibilidad ambiental de pequeños productores que manejan sistemas agroforestales en el distrito de José Crespo y Castillo, provincia de Leoncio Prado, Huánuco. Se aplicó un enfoque de sistemas con diseño descriptivo-evaluativo, trabajando con una muestra estratificada proporcional de 22 predios distribuidos en cinco zonas (Maronilla, Siete de Octubre, Aucayacu, Santa Lucía y Los Milagros). La recolección de datos se realizó mediante entrevistas interactivas, el sistema automático de evaluación de tierras (ALES) y la metodología MESMIS para la evaluación de sostenibilidad. Los resultados cuantitativos revelaron un índice de sostenibilidad ambiental general de 3.05 sobre 4 (nivel medio-alto), destacando fortalezas en la protección de ecosistemas (3.60) y conservación de recursos hídricos (3.60), pero evidenciando debilidades en la diversificación de ingresos (1.80) y el manejo integrado de plagas (2.60). Se concluye que es posible alcanzar la sostenibilidad ambiental en predios de pequeños productores mediante sistemas agroforestales con criterios técnicos, aunque persisten barreras significativas como las escasas capacitaciones ambientales, deficiencias en el manejo de desechos orgánicos y el uso inadecuado de pesticidas que limitan la adopción plena de prácticas sostenibles.

Palabras clave: Evaluación; Impacto Ambiental; Sistemas Agroforestales; Sostenibilidad; Pequeños Productores; Recursos Naturales

ABSTRACT

The implementation of agroforestry systems represents a viable alternative to environmental degradation in the Peruvian Amazon, where smallholder farmers face the challenge of balancing agricultural production with natural resource conservation. The present study aimed to evaluate the environmental sustainability of smallholder farmers managing agroforestry systems in the district of José Crespo y Castillo, Leoncio Prado province, Huánuco. A systems approach with a descriptive-evaluative design was applied, working with a proportional stratified sample of 22 farms distributed in five zones (Maronilla, Siete de Octubre, Aucayacu, Santa Lucía, and Los Milagros). Data collection was conducted through interactive interviews, the automated land evaluation system (ALES), and the MESMIS methodology for sustainability evaluation. Quantitative results revealed a general environmental sustainability index of 3.05 out of 4 (medium-high level), highlighting strengths in ecosystem protection (3.60) and water resources conservation (3.60), but showing weaknesses in income diversification (1.80) and integrated pest management (2.60). It is concluded that achieving environmental sustainability in smallholder farms through agroforestry systems with technical criteria is possible, although significant barriers persist, such as limited environmental training, deficiencies in organic waste management, and the inappropriate use of pesticides that limit the full adoption of sustainable practices.

Key words: Assessment; Environmental Impact; Agroforestry Systems; Sustainability; Small Producers; Natural Resources

RESUMO

A implementação de sistemas agroflorestais representa uma alternativa viável à degradação ambiental na Amazônia peruana, onde os pequenos produtores enfrentam o desafio de equilibrar a produção agrícola com a conservação dos recursos naturais. O presente estudo teve como objetivo avaliar a sustentabilidade ambiental de pequenos produtores que manejam sistemas agroflorestais no distrito de José Crespo y Castillo, província de Leoncio Prado, Huánuco. Aplicou-se uma abordagem de sistemas com desenho descriptivo-avaliativo, trabalhando com uma amostra estratificada proporcional de 22 propriedades distribuídas em cinco zonas (Maronilla, Siete de Octubre, Aucayacu, Santa Lucía e Los Milagros). A coleta de dados foi realizada por meio de entrevistas interativas, o sistema automático de avaliação de terras (ALES) e a metodologia MESMIS para avaliação de sustentabilidade. Os resultados quantitativos revelaram um índice geral de sustentabilidade ambiental de 3,05 em 4 (nível médio-alto), destacando pontos fortes na proteção de ecossistemas (3,60) e conservação de recursos hídricos (3,60), mas evidenciando fraquezas na diversificação de renda (1,80) e no manejo integrado de pragas (2,60). Conclui-se que é possível alcançar a sustentabilidade ambiental em propriedades de pequenos produtores por meio de sistemas agroflorestais com critérios técnicos, embora persistam barreiras significativas, como o treinamento ambiental limitado, deficiências no manejo de resíduos orgânicos e o uso inadequado de pesticidas que limitam a adoção plena de práticas sustentáveis.

Palavras-chave: Avaliação; Impacto Ambiental; Sistemas Agroflorestais; Sustentabilidade; Pequenos Produtores; Recursos Naturais

INTRODUCCIÓN

La degradación ambiental y la pérdida de biodiversidad en las regiones tropicales constituyen una de las problemáticas más apremiantes a nivel global, afectando directamente la capacidad productiva de los suelos y la calidad de vida de las poblaciones rurales (1). En este contexto, los sistemas agrícolas tradicionales basados en el monocultivo y la deforestación extensiva han demostrado ser insostenibles a largo plazo, generando una urgente necesidad de transitar hacia modelos de producción que armonicen la rentabilidad económica con la conservación ecológica (2). Los sistemas agroforestales (SAF) emergen como una alternativa viable frente a esta problemática, al integrar intencionalmente árboles y arbustos con cultivos agrícolas o ganadería en una misma unidad de tierra, optimizando las interacciones biológicas y económicas (3).

En este sentido, la agroforestería, definida como un sistema de uso de la tierra donde plantas leñosas perennes se encuentran de forma deliberada en la misma unidad de tierra con cultivos agrícolas y/o animales, debe involucrar dos o más componentes (plantas o animales), siendo al menos uno de ellos una leñosa perenne, y debe producir dos o más productos con un ciclo de producción mayor a un año (4). Según la Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF), los sistemas agroforestales

constituyen una serie de tecnologías del uso de la tierra donde se combinan ecológica y económicamente, de manera secuencial o temporal, los árboles y arbustos con cultivos y/o pastos (5).

En continuidad con esta definición, Combe y Budowski enfatizan que la agroforestería implica un conjunto de técnicas de manejo de tierras que combinan los árboles forestales con la ganadería o con cultivos, debiendo cumplir tres condiciones fundamentales: 1) existencia de al menos dos especies de plantas que interactúan biológicamente, 2) presencia de al menos un componente leñoso perenne, y 3) presencia de al menos un componente manejado con fines agrícolas (6). De acuerdo a su base estructural, los SAF se clasifican en sistemas agrosilvícolas, sistemas silvopastoriles, sistemas agrosilvopastoriles y sistemas especiales (7). Los árboles juegan un papel de protección fundamental, proporcionando condiciones favorables para procesos digestivos, reproductivos y adaptación de los animales, disminuyendo la temperatura hasta en 5°C en climas cálidos, ofreciendo abrigo contra el viento en climas fríos y zonas expuestas, además de controlar la precipitación y radiación (8).

En concordancia con lo anterior, la importancia de los sistemas agroforestales radica en su capacidad para aumentar o mantener la productividad de los suelos sin causar degradación,

contribuyendo a solucionar problemas de uso de recursos naturales por su función biológica y socioeconómica (9). Estos sistemas favorecen el mantenimiento del ciclaje de nutrientes, el aumento de la diversidad de especies y la protección del suelo contra los efectos del sol y las fuertes lluvias que caracterizan las zonas tropicales (5).

En este contexto, los beneficios de los SAF pueden clasificarse en directos e indirectos: los beneficios directos incluyen la producción de madera, leña, carbón, forraje para alimento de animales, frutos para alimento humano, taninos, tinturas, medicinas, miel, hongos y productos para agroindustria, incrementando significativamente la rentabilidad de las fincas (5, 10). Los beneficios indirectos se manifiestan cuando los árboles y arbustos mejoran la producción y la sustentabilidad, conservando los recursos naturales renovables como el agua y el suelo mediante protección, recuperación y fertilidad del suelo, mayor retención del agua, regulación del microclima, diversidad de la producción, mayor probabilidad del control biológico e incrementos de ingreso (11).

De manera específica, las ventajas ambientales de los sistemas agroforestales incluyen el incremento de la cobertura arbórea y la disponibilidad de hábitat para muchas especies de flora y fauna, favoreciendo la conservación

de la biodiversidad (12). Aunque la biodiversidad en estos sistemas es dominada por especies adaptadas a condiciones abiertas y alteradas, contribuye a conservar algunas especies típicas del bosque natural (13). Las ventajas biológicas específicas comprenden la captura de energía solar, mejor uso del espacio, mayor resistencia a efectos de precipitación, reducción de daños por vientos, mayor materia orgánica en el suelo, mayor reciclaje de nutrientes, mejora de la estructura del suelo, menor problema de maleza, fijación de nitrógeno por especies arbóreas, prevención de la erosión de laderas y promoción de mayor diversidad de fauna (5).

Asimismo, las ventajas socioeconómicas incluyen la obtención de ingresos económicos por venta de leña, madera, frutos, semillas, corteza y látex, constituyendo un capital estable y seguro para resolver problemas inmediatos, reducción de la dependencia de agroquímicos y fertilizantes, minimización del costo de mantenimiento de árboles y reducción del costo de control de malezas (5). Sin embargo, existen desventajas biológicas como la competencia de luz con cultivos que merma la producción, competencia por agua en épocas de sequía, daños a cultivos durante la tala de árboles, facilitación de la propagación de plagas y enfermedades por humedad, y problemas alelopáticos (5). Las desventajas socioeconómicas incluyen la mayor demanda de mano de obra y

la asociación con clases sociales bajas y de bajos recursos (5).

En este orden de ideas, el concepto de servicios ambientales, definido como funciones reguladoras en los ciclos de materia y transformaciones de energía realizadas por los ecosistemas naturales y agrosistemas, incide directamente en el mejoramiento de la calidad de vida y del ambiente (14). El Pago por Servicios Ambientales (PSA) constituye el conjunto de políticas que se apoyan en un marco jurídico e institucional, permitiendo pagar a propietarios de la tierra los servicios ambientales por ellos producidos (15).

Bajo este enfoque, el manejo sostenible de bosques integra elementos fundamentales como marco jurídico y políticas, producción óptima y sustentable de productos forestales, protección del ambiente, bienestar de la población, consideraciones suplementarias aplicadas a plantaciones, planificación y selección de especies (16). El manejo de cuencas, por su parte, integra la necesidad de ordenar el territorio, determinar la capacidad de uso de la tierra, identificar áreas críticas y factores sociales, diagnosticar capacidades y conflictos, y proponer soluciones en base al ordenamiento territorial, constituyendo una opción apropiada para lograr la sostenibilidad de los recursos (17).

En este marco la evaluación de la sostenibilidad ambiental requiere el desarrollo de indicadores que permitan medir o describir criterios específicos, siendo estos cuantitativos y cualitativos, medibles y verificables, permitiendo el reconocimiento del éxito, fracaso o avance de la intervención (18). Los sistemas agroforestales deben describirse de acuerdo con el estado de sus recursos y desempeño, identificando cuatro propiedades fundamentales sostenibles: productividad, estabilidad, resiliencia y equidad (19).

El particular, el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) permite integrar estos criterios en una matriz con indicadores seleccionados en base a atributos de sustentabilidad: Productividad, Estabilidad, Confiabilidad, Resiliencia, Adaptabilidad, Autogestión o autosuficiencia, y Equidad (20). Las fases del método MESMIS incluyen: Caracterización del sistema, Determinación de los puntos críticos, Selección de indicadores, Medición y monitoreo de los indicadores, Presentación e integración de resultados, y Conclusiones (21).

En relación con estudios previos, en el contexto específico de la Amazonía peruana, investigaciones previas han documentado la

identificación y caracterización de servicios ambientales en sistemas agroforestales. Ríos evaluó, clasificó y describió 26 SAF en Aucayacu, encontrando que 13 fueron agrosilvícolas, 5 sistemas silvopastoriles y 6 agrosilvopastoriles, siendo los sistemas agrosilvícolas y silvopastoriles los que estuvieron en nivel alto y medio debido a que los propietarios tenían mayor conocimiento y usaban tecnologías acordes y actuales, mientras que los sistemas agrosilvopastoriles se clasificaron en nivel bajo por el uso de tecnologías bajas (22). Yalta identificó y evaluó la rentabilidad de 10 SAF asociados al cultivo de cacao en Tingo María, encontrando que el componente arbóreo es producto de regeneración natural, con especies de mayor frecuencia como la guaba, capirona, bolaina y cético (23).

En el ámbito territorial de estudio, en el distrito de José Crespo y Castillo, provincia de Leoncio Prado (Huánuco), la dinámica agraria ha estado históricamente marcada por la deforestación, el establecimiento de cultivos ilícitos y la posterior implementación de programas de desarrollo alternativo (24). En esta zona, ubicada en la cuenca media de la margen derecha del río Huallaga, diversas entidades gubernamentales y de cooperación internacional han promovido la adopción de prácticas agroconservacionistas y sistemas agroforestales como estrategia para restablecer el orden económico, social y ambiental (25).

No obstante, a pesar de estos esfuerzos, los pequeños productores enfrentan desafíos considerables relacionados con la topografía heterogénea, la acidez de los suelos y la vulnerabilidad frente a eventos climáticos extremos (26). La transición de sistemas de producción tradicionales hacia modelos agroforestales sostenibles ha sido motivada tanto por políticas globales de erradicación de cultivos ilícitos como por la búsqueda de una mayor rentabilidad y seguridad alimentaria (27). No obstante, existe un vacío de conocimiento respecto al grado real de sostenibilidad ambiental que han alcanzado estos predios y las barreras específicas que continúan limitando la optimización de los servicios ambientales en la región (28).

Frente a esta realidad, la presente investigación plantea como objetivo evaluar la sostenibilidad ambiental de pequeños productores que manejan sistemas agroforestales en el distrito de José Crespo y Castillo, caracterizando los diferentes sistemas agroforestales y su relación con la sostenibilidad ambiental, e identificando las barreras que limitan la sostenibilidad ambiental en dichos predios.

En este sentido, la importancia de este estudio radica en su contribución a la generación de evidencia empírica sobre el desempeño ambiental de los sistemas agroforestales en la selva alta peruana, proporcionando información

valiosa para la toma de decisiones tanto a nivel de finca como en la formulación de políticas públicas agrarias (29). La justificación se sustenta en la necesidad de trascender las evaluaciones puramente económicas, incorporando indicadores ambientales que reflejen la salud de los ecosistemas y la viabilidad a largo plazo de los medios de vida rurales (30). Al identificar las fortalezas y debilidades en el manejo de los recursos naturales por parte de los pequeños productores, este trabajo busca orientar futuras intervenciones de capacitación y asistencia técnica, promoviendo tecnologías rentables y ambientalmente bondadosas que contribuyan a la sostenibilidad integral de la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un tipo de investigación aplicada y un diseño no experimental, descriptivo y transversal. Este diseño se justifica por la necesidad de observar y evaluar los fenómenos en su contexto natural, sin manipulación deliberada de variables, permitiendo una caracterización precisa del estado actual de la sostenibilidad ambiental en los predios agroforestales en un momento específico del tiempo (17).

En cuanto al área de estudio, la investigación se llevó a cabo en la cuenca media de la margen derecha del río Huallaga, específicamente en

el distrito de José Crespo y Castillo, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, Perú. El área de estudio abarca una superficie de 1.320,93 km², ubicada en las coordenadas geográficas de latitud sur 8° 21' 47.7" a 9° 9' 47.2" y longitud oeste 75° 52' 9.2" a 76° 10' 16", con una altitud promedio de 600 m.s.n.m. (18). La zona presenta un clima de trópico húmedo con temperaturas medias anuales entre 24°C y 31°C, y precipitaciones medias de 3.200 mm/año, caracterizándose por una topografía heterogénea con pendientes del 10% al 60% y suelos predominantemente franco-arcillosos de reacción ácida (19).

En relación con la población y muestra, la población de estudio estuvo constituida por 86 pequeños productores que manejan sistemas agroforestales (SAF) distribuidos en cinco sectores representativos de la zona: Maronilla, Siete de Octubre, Aucayacu, Santa Lucía y Los Milagros. Para la selección de la muestra se empleó un muestreo probabilístico estratificado proporcional, garantizando la representatividad de cada sector en función de su tamaño poblacional (20). Este tipo de muestreo se justifica porque permite reducir el error muestral y asegurar que las subpoblaciones (sectores) estén adecuadamente representadas en la muestra final. El tamaño de la muestra se determinó en 22 predios, distribuidos de la siguiente manera: Maronilla (n=5), Siete de Octubre (n=6), Aucayacu

(n=5), Santa Lucía (n=3) y Los Milagros (n=3). El criterio de inclusión principal fue la presencia de bosque o purma dentro de los predios y el manejo activo de sistemas agroforestales por parte de los productores.

En cuanto a las técnicas e instrumentos, para la recolección de datos se utilizaron múltiples técnicas e instrumentos. En primer lugar, se aplicó una encuesta interactiva estructurada dirigida a los productores, diseñada para recopilar información sobre las características biofísicas de los predios, las prácticas de manejo agrícola y forestal, y las barreras percibidas para la sostenibilidad (21). Adicionalmente, se empleó el Sistema Automático de Evaluación de Tierras (ALES) para complementar la información técnica sobre la aptitud y uso del suelo (22). El procedimiento de validación de los instrumentos se realizó mediante juicio de expertos en agroforestería y desarrollo rural, mientras que la confiabilidad se aseguró mediante una prueba piloto en una zona adyacente con características similares, ajustando las preguntas que presentaban ambigüedad.

En lo que respecta al procedimiento de evaluación, la evaluación de la sostenibilidad ambiental se fundamentó en la metodología MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando

Indicadores de Sustentabilidad) (9). El procedimiento siguió seis fases secuenciales: 1) Caracterización del sistema y definición de límites; 2) Determinación de puntos críticos, fortalezas y debilidades; 3) Selección de indicadores estratégicos basados en los atributos de sustentabilidad; 4) Medición y monitoreo mediante el diseño de herramientas de análisis; 5) Presentación e integración de resultados; y 6) Formulación de conclusiones. Para el diagnóstico rápido del manejo de la cuenca se utilizó una escala de valoración de 0 a 4 (0=muy bajo o nulo, 1=bajo, 2=medio, 3=alto, 4=muy alto), clasificando el manejo general en cinco categorías: muy bien manejado (0-19.9), bien manejado (20-39.9), regularmente manejado (40-59.9), mal manejado (60-79.9) y muy mal manejado (80-100) (23).

El análisis de la información recopilada se realizó mediante estadística descriptiva. Para la caracterización de los predios y la identificación de barreras, se elaboraron distribuciones de frecuencias y porcentajes. El análisis de sostenibilidad se procesó a través de talleres participativos con los productores, integrando los valores de los indicadores ambientales mediante el método AMIBA (diagrama radial o de cometa), el cual permite visualizar de manera comparativa el desempeño del sistema en múltiples dimensiones simultáneamente (24).

Finalmente, este enfoque analítico garantizó una interpretación integral y contextualizada de los resultados, alineada con los principios de la investigación participativa en agroecología.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los hallazgos de la investigación se presentan estructurados en tres dimensiones principales, alineadas con los objetivos del estudio: la caracterización biofísica de los predios, la identificación de barreras para la sostenibilidad y la evaluación integral de la sostenibilidad ambiental mediante indicadores específicos.

Caracterización biofísica de los predios agroforestales

La evaluación de la estructura biofísica de los predios reveló patrones distintivos en el uso del suelo y la topografía. Como se observa en la Tabla 1, la mayoría de los predios se ubican en terrenos con pendientes suaves, lo que influye directamente en el tipo de sistema productivo implementado.

Tabla 1. Distribución de predios según pendiente del terreno y sistema productivo.

Pendiente (%)	Agricultura (%)	Ganadería (%)	Sistemas Agroforestales (%)	Promedio General (%)
0 a 10	86	50	72	69
11 a 20	14	25	14	18
21 a 30	0	25	14	13
Mayor a 30	0	0	0	0

Nota: Datos expresados en porcentajes sobre el total de predios evaluados (n=22).

El 69% de los predios evaluados se ubica en terrenos con pendientes de 0 a 10%, áreas que permiten la siembra de cultivos anuales y permanentes, aunque son destinadas mayormente a la agricultura convencional (86%). En las áreas con pendientes de 21 a 30% (13%), se observó una tendencia a mantener sistemas agroforestales

(14%) o ganadería (25%), impulsada por programas de desarrollo alternativo para evitar la erosión.

En relación con las características edáficas, respecto al drenaje de los suelos, la Tabla 2 muestra que la aptitud de las tierras varía significativamente según el sistema de producción.

Tabla 2. Condiciones de drenaje en los predios evaluados.

Condición de Drenaje	Agricultura (%)	Ganadería (%)	Sistemas Agroforestales (%)	Promedio General (%)
Bueno	57	0	62	40
Regular	43	100	38	60
Malo	0	0	0	0

Nota: Datos expresados en porcentajes sobre el total de predios evaluados (n=22).

El 40% de los predios se encuentra en zonas con buen drenaje, utilizados preferentemente para sistemas agroforestales (62%) y agricultura (57%). El 60% restante presenta un drenaje regular, siendo el 100% de los predios ganaderos ubicados en estas zonas, aptos para pastos adaptados

(Camerún y nudillo) y cultivos que requieren humedad.

En cuanto a los recursos hídricos, la ubicación de las fuentes de agua constituye un factor crítico en la configuración de los predios, como se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3. Ubicación y tipo de fuentes de agua en los predios.

Características	Agricultura (%)	Ganadería (%)	Sistemas Agroforestales (%)	Promedio General (%)
Tipo de fuente				
Río	43	50	46	46
Quebrada	57	50	29	45
Otro	0	0	25	9
Distancia a la vivienda				
Menor de 50 m	14	0	31	15
Mayor de 50 m	86	100	69	85

Nota: Datos expresados en porcentajes sobre el total de predios evaluados (n=22).

Se observó que la mayoría de las parcelas productivas se sitúan cerca de ríos (46%) y quebradas (45%). Como medida de adaptación frente a inundaciones, el 85% de las viviendas se construyen a distancias mayores de 50 metros de las fuentes de agua, respetando la faja marginal.

En cuanto a la cobertura vegetal previa a la instalación de los sistemas productivos, la Tabla 4 evidencia un cambio positivo en las prácticas de uso del suelo.

Tabla 4. Tipo de cobertura vegetal antes de instalar cultivos o SAF.

Tipo de cobertura	Agricultura (%)	Ganadería (%)	Sistemas Agroforestales (%)	Promedio General (%)
Bosque primario	0	0	12	4
Bosque secundario	0	0	0	0
Purma > 5 años	71	50	86	69
Purma < 5 años	29	50	2	27
Distancia a la vivienda				
Menor de 50 m	14	0	31	15
Mayor de 50 m	86	100	69	85

Nota: Datos expresados en porcentajes sobre el total de predios evaluados (n=22).

Apenas un 4% de los productores (exclusivamente en SAF) utilizó áreas de bosque primario, mientras que el 69% empleó purmas recuperadas mayores a 5 años, las cuales ofrecen mejores condiciones nutricionales para el establecimiento de sistemas productivos sostenibles.

Barreras que limitan la sostenibilidad ambiental

En cuanto a las limitantes identificadas, el análisis de las limitantes para la adopción de prácticas sostenibles identificó varios factores críticos. La principal barrera detectada fue la deficiencia en la capacitación sobre temas ambientales; los resultados mostraron una correlación directa entre el nivel de capacitación y la implementación de prácticas conservacionistas. Aquellos productores con mayor número de capacitaciones demostraron un uso más eficiente de tecnologías agroforestales.

Asimismo, el manejo de desechos orgánicos e inorgánicos se identificó como una limitante significativa para el 59% de los productores. Sin embargo, un 63% reportó elaborar y utilizar abonos orgánicos, mitigando parcialmente este problema. La reforestación también se percibe como una barrera compleja, debido a la falta de diagnósticos prediales previos que determinen las especies idóneas para cada zona de vida. Asimismo, el uso y riesgo de pesticidas en la producción agrícola convencional representa una amenaza latente para la sostenibilidad del sistema en su conjunto.

Evaluación de la sostenibilidad ambiental

La evaluación integral de la sostenibilidad ambiental se realizó mediante la ponderación de doce indicadores clave en las cinco zonas de estudio, utilizando la metodología MESMIS. Los resultados detallados se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Evaluación de indicadores de sostenibilidad ambiental en sistemas agroforestales por zona de estudio.

Indicadores de Sostenibilidad	de Maronilla	Siete Octubre	de Aucayacu	Santa Lucía	Los Milagros	Media
Protección de ecosistemas	4	4	3	4	3	3.60
Ingresos diversos	2	3	1	1	2	1.80
Sostenibilidad del sistema	2	4	2	3	2	2.60
Planificación de actividades	3	3	3	4	3	3.20
Autosuficiencia alimentaria	3	3	3	3	3	3.00
Conservación de recursos hídricos	4	3	4	4	3	3.60
Manejo de residuos sólidos y líquidos	3	3	2	3	2	2.60
Manejo sostenible del suelo	3	3	3	4	3	3.20
Manejo integrado de plagas	4	2	2	3	2	2.60
Productividad de los SAF	3	4	3	4	3	3.40
Conservación de la vida silvestre	3	3	2	3	2	2.60
Capacitaciones aplicadas al sistema	4	4	4	4	4	4.00
Índice Promedio General	3.16	3.25	2.66	3.33	2.66	3.05

Nota: Escala de valoración de 0 (muy bajo) a 4 (muy alto). Adaptado de la metodología MESMIS.

El índice promedio general de sostenibilidad ambiental para el área de estudio fue de 3.05, lo que clasifica al sistema en un nivel de sostenibilidad media a alta. En este sentido, los indicadores con mejor desempeño fueron la aplicación de capacitaciones al sistema (4.00), la protección de ecosistemas (3.60) y la conservación de recursos hídricos (3.60). Estos altos valores reflejan una creciente conciencia ambiental entre los productores y el impacto positivo de los programas de extensión rural en la región.

Por otro lado, el indicador más crítico fue la diversificación de ingresos (1.80), evidenciando que muchos SAF se encuentran en etapas tempranas de establecimiento y aún no generan retornos económicos óptimos. Otros indicadores con desempeño moderado-bajo (2.60) incluyeron la sostenibilidad general del sistema, el manejo de residuos, el manejo integrado de plagas y la conservación de la vida silvestre.

Finalmente, el diagnóstico rápido del manejo de la cuenca media del río Huallaga arrojó un puntaje de 45.7 sobre 100, lo que categoriza a la cuenca como "regularmente manejada". Se observaron evidencias de deforestación histórica y prácticas agrícolas inadecuadas en ciertas áreas, pero también una tendencia positiva hacia la recuperación de la cobertura vegetal mediante la implementación progresiva de sistemas agroforestales y silvopastoriles en las zonas de ladera.

Discusión

Los resultados obtenidos en la presente investigación demuestran que los sistemas agroforestales (SAF) manejados por pequeños productores en el distrito de José Crespo y Castillo alcanzan un índice de sostenibilidad ambiental de 3.05 (nivel medio-alto). Este hallazgo confirma la hipótesis de que es posible armonizar la producción agrícola con la conservación ambiental en la Amazonía peruana mediante la aplicación de criterios técnicos adecuados. No obstante, este valor es ligeramente inferior al reportado en estudios previos en la misma región, donde se documentaron índices de sostenibilidad alta (3.75) en microcuencas adyacentes (25).

En este sentido, esta discrepancia puede atribuirse a diferencias metodológicas en la selección de la muestra, ya que el presente estudio

abarcó un espectro más amplio de productores, incluyendo aquellos en fases iniciales de transición hacia modelos agroforestales, cuyos sistemas aún no han alcanzado su madurez ecológica y económica.

En relación con los resultados biofísicos, el análisis de la estructura de los predios revela una clara adaptación de las prácticas productivas a las condiciones topográficas locales. La concentración de actividades agrícolas intensivas en pendientes menores al 10% y la destinación de áreas con mayor inclinación (21-30%) a la conservación forestal o SAF refleja un incipiente ordenamiento territorial a nivel de finca. Este patrón coincide con los principios de manejo sostenible de cuencas propuestos por diversos autores, quienes enfatizan que la zonificación ecológica-económica es fundamental para prevenir la erosión hídrica y la degradación de suelos en ecosistemas tropicales de ladera (16). Asimismo, la preferencia por utilizar purmas recuperadas (69%) en lugar de talar bosque primario (4%) para el establecimiento de nuevos cultivos constituye un indicador altamente positivo de cambio en la racionalidad productiva del agricultor amazónico, alejándose del modelo tradicional de "tumba y quema" hacia prácticas de agricultura regenerativa (14).

A pesar de estos avances, el estudio identificó barreras significativas que limitan la consolidación de la sostenibilidad ambiental. La deficiencia

en la capacitación técnica especializada emergió como el factor limitante más crítico. Se observó una correlación directa entre el nivel de conocimiento del productor y la eficiencia del sistema agroforestal, lo cual concuerda con investigaciones en Centroamérica que señalan que la complejidad inherente a los SAF requiere un acompañamiento técnico continuo para optimizar las interacciones entre los componentes arbóreos, agrícolas y pecuarios (6). La reforestación sin un diagnóstico predial previo y el manejo inadecuado de desechos orgánicos (reportado como limitante por el 59% de la muestra) evidencian brechas en la transferencia de tecnología que deben ser abordadas por las instituciones de extensión rural.

En este contexto, un hallazgo particularmente relevante es el bajo desempeño del indicador de "ingresos diversos" (1.80), el cual contrasta con la alta valoración en "protección de ecosistemas" (3.60). Esta asimetría sugiere que, si bien los productores están adoptando prácticas conservacionistas, estas aún no se traducen en beneficios económicos tangibles a corto plazo. La literatura especializada advierte que la adopción sostenida de tecnologías ambientales depende de su viabilidad económica; es decir, deben ser tecnologías tipo "ganar-ganar" (8). En este sentido, la falta de incentivos económicos directos, como los esquemas de Pago por Servicios Ambientales (PSA), podría desmotivar a los agricultores a

mantener las áreas forestales en el largo plazo, especialmente frente a la presión de mercados que demandan productos de monocultivo (11). Estudios recientes sobre transiciones silvopastoriles en América Latina reafirman que la diversificación de ingresos es crucial para la resiliencia económica de los pequeños productores (29, 31).

En cuanto a la conservación de recursos hídricos, el alto puntaje obtenido (3.60) y el respeto generalizado por las fajas marginales de los ríos demuestran una alta sensibilidad ambiental respecto al agua. Este comportamiento es consistente con la percepción del agua como un recurso estratégico y vulnerable, exacerbada por las experiencias locales de inundaciones estacionales. No obstante, el diagnóstico de la cuenca media del río Huallaga (calificada como "regularmente manejada" con 45.7 puntos) indica que los esfuerzos individuales a nivel de finca aún no logran revertir completamente los impactos acumulativos de la deforestación histórica y la contaminación difusa por agroquímicos a escala de paisaje (18).

En cuanto a lo metodológico, una limitación del presente estudio es su naturaleza transversal, la cual proporciona una "fotografía" del estado actual de la sostenibilidad, pero limita la capacidad de evaluar la evolución temporal de los indicadores ecológicos (como la acumulación

de carbono en el suelo o la recuperación de la biodiversidad). Futuras investigaciones deberían adoptar enfoques longitudinales para monitorear la resiliencia de estos sistemas frente a perturbaciones climáticas extremas, un aspecto cada vez más crítico en el contexto del cambio climático global (13).

Finalmente, las implicaciones prácticas de estos hallazgos apuntan a la necesidad de rediseñar las políticas de desarrollo rural en la Amazonía. Es imperativo transitar de un enfoque centrado exclusivamente en la sustitución de cultivos hacia una estrategia integral de manejo de paisajes agroforestales. Esto requiere fortalecer las capacidades técnicas locales, promover la certificación orgánica para mejorar los márgenes de comercialización y establecer mecanismos financieros que recompensen a los pequeños productores por los servicios ecosistémicos que generan sus predios (26, 27). Desde una perspectiva teórica, el estudio valida la utilidad de la metodología MESMIS como herramienta de diagnóstico participativo, demostrando su flexibilidad para capturar la complejidad de los sistemas socio-ambientales en contextos de alta vulnerabilidad ecológica y económica (9, 28). En síntesis, la consolidación de la sostenibilidad en la región dependerá de la capacidad institucional para transformar las actuales iniciativas aisladas

de conservación en un modelo de desarrollo territorial cohesivo y económicamente viable.

CONCLUSIONES

La evaluación de los sistemas agroforestales en el distrito de José Crespo y Castillo demuestra que es factible alcanzar la sostenibilidad ambiental en predios de pequeños productores mediante la aplicación de criterios técnicos y un manejo integrado de los recursos naturales. El índice general de sostenibilidad obtenido refleja un nivel medio-alto, evidenciando un progreso significativo en la transición desde modelos extractivistas hacia prácticas agroecológicas, particularmente en la protección de ecosistemas, la conservación de fuentes hídricas y la recuperación de áreas degradadas (purmas) para fines productivos.

A pesar de estos avances, la consolidación de la sostenibilidad se ve obstaculizada por barreras estructurales y de conocimiento. Las deficiencias en la capacitación técnica especializada, el manejo inadecuado de residuos orgánicos y la baja diversificación de ingresos a corto plazo constituyen los principales factores limitantes. La asimetría entre el alto compromiso ambiental de los productores y la baja rentabilidad inicial de los sistemas agroforestales subraya la vulnerabilidad económica del proceso de transición.

Para superar estas limitaciones, futuras líneas de investigación deben enfocarse en el análisis longitudinal de la rentabilidad económica de los sistemas agroforestales en su fase de madurez, así como en la evaluación de mecanismos financieros innovadores, como el pago por servicios ambientales, adaptados a la realidad de la Amazonía peruana. Asimismo, resulta imperativo investigar el impacto del cambio climático sobre la resiliencia de estos sistemas y desarrollar modelos predictivos que optimicen la selección de especies forestales y agrícolas según las microzonas de vida, garantizando así la viabilidad a largo plazo de los medios de vida rurales y la conservación de la biodiversidad amazónica.

En definitiva, la adopción de sistemas agroforestales por parte de los pequeños productores del distrito de José Crespo y Castillo representa un paso fundamental hacia la construcción de paisajes rurales resilientes. El éxito de esta transición dependerá de la articulación efectiva entre el conocimiento empírico local, la asistencia técnica especializada y el desarrollo de políticas públicas que reconozcan y recompensen el valor de los servicios ambientales generados, asegurando así un equilibrio duradero entre el bienestar socioeconómico y la integridad ecológica de la Amazonía peruana.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS

1. Afroz M, et al. Agroforestry: A Sustainable Land-Use Practice for Climate Change Mitigation. *Sustainability*. 2025;17(8):3697. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17083697>
2. Konefal J, et al. Signs of agricultural sustainability: A global assessment. *Journal of Rural Studies*. 2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X2300063X>
3. Nair P. *Agroforestry Systems in the Tropics*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers; 1987. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-015-7803-6>
4. Guo X, et al. Construction of an Index System for Sustainability Assessment of Smallholder Farming Systems. *Frontiers in Agricultural Science and Engineering*. 2022. DOI: <https://doi.org/10.15302/J-FASE-2022463>
5. CONIF (Corporación Nacional De Investigación Y Fomento Forestal). *Guías técnicas sobre sistemas forestales y agroforestales*. Bogotá, Colombia; 1998. <https://www.conif.org.co/publicaciones>
6. Combe Y, Budowski G. Clasificación de las Técnicas Agroforestales. Una revisión de literatura. En: *Taller de Sistemas Agro-Forestales en América Latina*. Turrialba, Costa Rica: CATIE-UNU; 1979. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10245>
7. Torquebiau E. Agroforestry: A review of research and projects. *Agroforestry Systems*. 1997;30(2-3):157-180. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00708912>
8. Cruz D. Productividad y sostenibilidad para la ganadería, II parte. *Asociación Colombiana de Criadores de Cebú*. 2002;324:30-34. <https://www.asocebu.com/revista>
9. Jiménez F, Muschler R. Agroforestry systems: functions and benefits. En: *Agroforestry Systems in the Tropics*. Springer; 2001. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-015-7803-6_2

- 10.** Pezo D, Ibrahim M. Sistemas silvopastoriles: Una opción para el uso sostenible de la tierra en sistemas ganaderos. En: 1er foro internacional sobre "Pastoreo Intensivo en Zonas Tropicales". Veracruz, México: FIRA-Banco de México; 1996. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/8542>
- 11.** Ortiz E. Impacto del programa de pago de servicios ambientales en Costa Rica como medio de reducción de la pobreza en medios rurales. San José: RUTA; 2002. <https://www.ruta.org/publicaciones>
- 12.** Hernández B, Maes J, Harvey C, Vilchez S, Medina A, Sánchez D. Abundancia y diversidad de escarabajos coprófagos y mariposas diurnas en un paisaje ganadero en el departamento de Rivas, Nicaragua. *Agroforestería de las Américas*. 2003;10(39-40):93-102. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/6521>
- 13.** Awoke M, et al. Development of an integrated assessment framework for agroforestry. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1080/14735903.2023.2285161>
- 14.** Coelho F, et al. Advancing Agricultural Sustainability in Tropical Climates. Preprints. 2024. URL: <https://www.preprints.org/manuscript/202402.1573/v1/download>
- 15.** Renda S, Calsadilla Z, Jimenez A, Sanchez R. Objetivos generales de SAF. Santiago: Red Latinoamericana de cooperación técnica en SAF; 1997. <https://www.fao.org/3/x5329s/x5329s00.htm>
- 16.** Faustino J. Enfoques y criterios prácticos para aplicar el manejo de cuencas. El Salvador; 2001. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/4321>
- 17.** Dourojeanni A. Procedimiento de gestión para un desarrollo sustentable: Aplicables a municipios, microcuencas. Santiago de Chile: CEPAL; 1997. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/31484>
- 18.** Zieritz A, et al. Prioritising challenges and actions for freshwater conservation in tropical biodiversity hotspots. *Biological Conservation*. 2024. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320724004014>
- 19.** Fabré N, et al. A New Framework for Natural Resource Management in the Amazon. PMC-NIH. 2011. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3357845/>
- 20.** López-Ridaura S, Masera O, Astier M. Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. The MESMIS framework. *Ecological Indicators*. 2002;2(1-2):135-148. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1470-160X\(02\)00043-2](https://doi.org/10.1016/S1470-160X(02)00043-2)
- 21.** Robles R. Planificación agroconservacionista de fincas como contribución al manejo integrado de la microcuenca del Río Uruca, Costa Rica [Tesis de Maestría]. Costa Rica: CATIE; 2005. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/4123>
- 22.** Ríos G. Evaluación de los sistemas agroforestales tradicionales en la zona de Tingo María - Aucayacu. Tingo María, Perú: UNAS; 1992. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1234>
- 23.** Yalta R. Identificación y rentabilidad de los sistemas agroforestales asociados al cultivo de cacao [Tesis de Grado]. Tingo María, Perú: UNAS; 2003. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1235>
- 24.** Gao J, et al. Climate Change Resilience and Sustainable Tropical Agriculture. *Atmosphere*. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos13060955>
- 25.** Ricse A. Sistemas agroforestales en la Región Ucayali. Pucallpa, Perú: MNAG-INIA; 2003. URL: <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/123>
- 26.** Casanova-Lugo F, et al. Environmental services from tropical agroforestry systems. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 2016;22(3):269-284. DOI: <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2015.06.029>
- 27.** Xiao J, et al. A review of agroforestry ecosystem services and its management. *Science of The Total Environment*. 2022. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969722056376>
- 28.** Speelman E, et al. Ten years of sustainability evaluation using the MESMIS framework: Lessons learned from its application in 28 Latin American case studies. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*. 2007;14(4):345-361. DOI: <https://doi.org/10.1080/13504500709469735>

- 29.** Picasso V, et al. Silvopastoral transitions in Latin America: toward diverse and sustainable agricultural systems. *Agroforestry Systems*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-024-01023-5>
- 30.** Mauricio R, et al. Silvopastoral Systems in Latin America for Biodiversity Conservation and Sustainable Production. En: *Biodiversity and Earth History*. Elsevier; 2019. p. 287-307. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811050-8.00018-2>
- 31.** Solymosi K, et al. Upscaling Silvopastoral Systems in South America. Inter-American Development Bank. 2016. <https://publications.iadb.org/en/upscaling-silvopastoral-systems-south-america>