

Evaluación de la efectividad del manejo agroforestal en agroecosistemas de la subcuenca superior del río San Juan, en la Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario, Artemisa, Cuba

Damaysa Arzola Delgado, Jorge Luis Zamora Martín, Yelene González Hernández, Lelieth Feyobe Sadoval, y Alexander Chile Bocourt

Resumen—Dentro de los objetivos estratégicos de nuestro país se encuentra la seguridad y soberanía alimentaria, poniendo todo su empeño en la búsqueda de sistemas agrarios sostenibles basados en técnicas agroecológicas. Este estudio evaluó la efectividad del manejo agroforestal en agroecosistemas de la subcuenca superior del río San Juan, aplicando la metodología del Manual Práctico propuesto por Cordero et al. (2020). La selección de dos polígonos de estudio consideró propiedad de la tierra, asociación productiva, tamaño, tipo de suelos y paisaje. Los indicadores evaluados fueron: calidad del suelo, salud del cultivo, manejo forestal, productividad económica y satisfacción de necesidades sociales. Los resultados permitieron actualizar inventarios de flora, determinar el uso de especies y comparar relativamente la efectividad del manejo de ambos agroecosistemas, identificando el estadio de cada finca en el proceso de conversión hacia la sostenibilidad y proponiendo un plan de medidas para su mejora.

Índice de Términos—Agroecología, manejo agroforestal, sostenibilidad, indicadores de efectividad, Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario.

I. Introducción

LOGRAR una agricultura sostenible que proporcione alimentos y servicios ecosistémicos en una era de cambio climático es uno de los

desafíos más importantes que enfrenta la humanidad [1], [2]. La Agroecología emerge como una disciplina científica que provee las bases metodológicas para estudiar, manejar y evaluar agroecosistemas de manera holística, incorporando acciones sociales colectivas de carácter participativo [3], [4].

La agroforestería se promueve como una alternativa viable de manejo de agroecosistemas, vista desde la conectividad entre paisajes cultivados y naturales, permitiendo lograr productividad y rentabilidad sostenible, a la vez que se restauran y conservan los recursos naturales [5]. El proyecto "Fortalecimiento de las capacidades productivas para estimular la seguridad alimentaria en la subcuenca del río San Juan" ha aprovechado estos saberes para gestionar la matriz agrícola del polígono de estudio.

Este estudio aplicó la metodología del Manual Práctico para evaluar la efectividad del manejo agroforestal [6] en dos fincas de la subcuenca, con el objetivo de evaluar su efectividad y servir como línea base para la evaluación interna anual de los productores.

II. Materiales y Métodos

A. Área de estudio

El estudio se desarrolló en dos agroecosistemas de la comunidad Las Terrazas, ubicados en la subcuenca superior del río San Juan (centro-sur de la Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario, Artemisa, Cuba). La selección de los productores consideró: legalidad de la tierra, tamaño de la finca, asociación a formas productivas, ocupación, objeto social y ubicación (Tabla I).

TABLA I Agroecosistemas objeto de estudio

Product or	Área (ha)	Latitud	Longitud
Iván Martínez González	2.70	22.84996	- 82.93941
Yeniel Pérez Pérez	3.18	22.83289	- 82.93660

Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio en la subcuenca superior del río San Juan, Sierra del Rosario, Cuba. Fuente: Elaborado a partir del Modelo Digital de Elevación Escala 1:25 000 GEOCUBA.

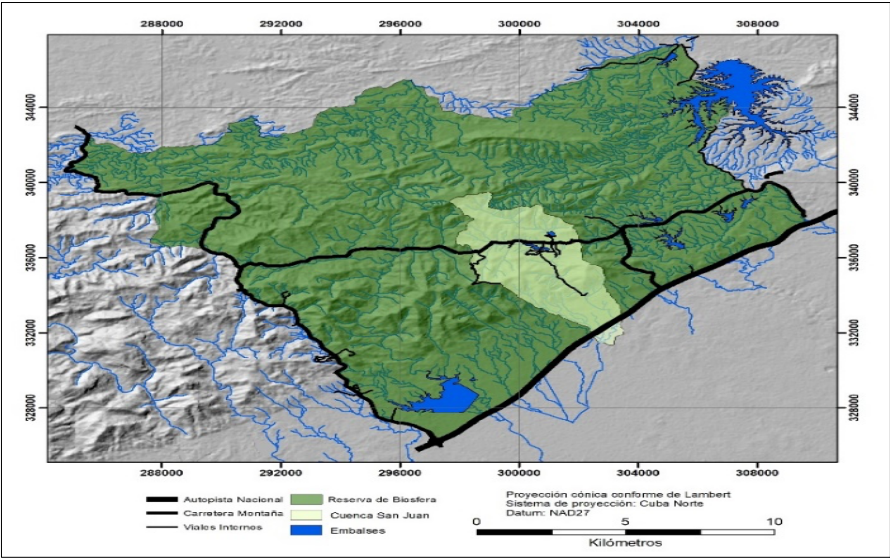
B. Procedimiento metodológico

Se siguió el procedimiento del Manual Práctico [6]. La evaluación incluyó:

1. **Caracterización físico-geográfica:** Clima, topografía, eventos relevantes (inundaciones, incendios).

2. **Inventario de flora:** Identificación y clasificación de especies según su uso (alimentación, forraje, madera, medicina, etc.) en tres componentes: especies utilizadas, especies proveedoras de servicios y parientes silvestres.

3. **Evaluación de indicadores:** Se evaluaron cinco grupos de indicadores con sus respectivas clases:



- ✓ Calidad del suelo (estructura, compactación, profundidad, residuos, humedad, actividad biológica).
- ✓ Salud del cultivo (apariencia, crecimiento, resistencia al estrés, diversidad genética, índice de diversidad agroforestal - IDA).
- ✓ Manejo forestal (cobertura forestal, valor agregado, árboles frutales, vegetación natural).
- ✓ Productividad económica (rendimiento, acceso al mercado, contratación).
- ✓ Satisfacción de necesidades sociales (seguridad alimentaria, convivencia, descendencia, calidad de vida).

El Índice de Diversidad del Agroecosistema (IDA) se calculó mediante la fórmula [7]:

$$IDA = \frac{\sum_{i=1}^n V_i \cdot V_{i\max}}{St \cdot V_{i\max}} \quad IDA = \frac{St \cdot V_{i\max}}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad (1)$$

donde \$V_i\$ es el valor de importancia real según el uso de cada grupo de especie, \$V_{i\max}\$ es el valor de importancia máxima (asumido como 3) y \$St\$ es el número total de grupos de especies. Valores de IDA < 0.66 no se consideran sostenibles.

4. Análisis de datos: Los resultados se tabularon y graficaron (gráficos radiales) usando Microsoft Excel para su análisis comparativo.

III. Resultados y Discusión

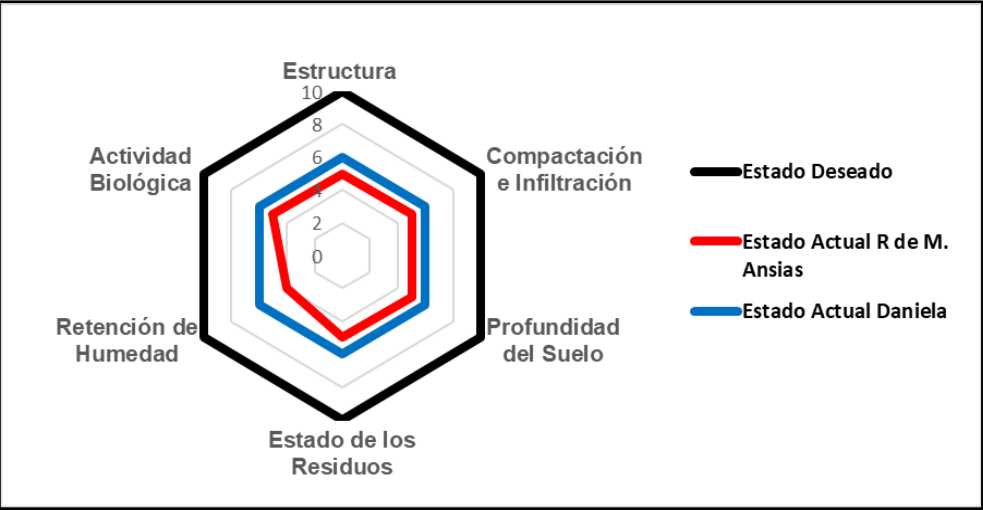
A. Calidad del suelo: El desafío de la pendiente
El análisis de los indicadores de calidad del suelo (Tabla II) mostró una calificación superior para la finca "Daniela" (6.0/10) en comparación con "Rincón de mis Ansias" (4.8/10). Esta discrepancia está directamente influenciada por la topografía, donde la mayor pendiente de "Rincón de mis Ansias" (>30°) promueve

procesos de erosión hídrica, pérdida de estructura y reducción de la profundidad efectiva del suelo.

TABLA II Calidad del suelo en fincas de estudio

Indicador	Estado	R. de M. Ansias	Daniela
Estructura	10	5	6
Compactación/Infiltración	10	5	6
Profundidad del Suelo	10	5	6
Estado de los Residuos	10	5	6
Retención de Humedad	10	5	6
Actividad Biológica	10	4	6
Total	10	4.8	6.0

cuantificado por Martínez-Gamiño et al. [9] en



sistemas agroforestales de México.
B. Salud del cultivo: La paradoja de la diversidad sin uso
El cálculo del Índice de Diversidad del

Agroecosistema (IDA) arrojó valores de 0.59 y 0.62 para "Rincón de mis Ansias" y "Daniela" respectivamente (Tabla III), ambos por debajo del umbral de sostenibilidad establecido (0.66) [7].

TABLA III Índice de diversidad agroforestal (IDA)

Finc a	No. Espe cies	Gru pos	Valor Importa ncia (Real)	I D A
Rinc ón de mis Ansi as	140	8	420	0. 59
Dani ela	126	7	237	0. 62

Este resultado revela una paradoja crítica: aunque ambas fincas albergan una alta diversidad florística, el potencial de esta diversidad no se traduce plenamente en beneficios tangibles para el sistema productivo debido al limitado uso que se le otorga a muchas especies. Investigaciones recientes subrayan que la mera presencia de

Gráfico 1. Representación de la calidad del suelo en las fincas Rincón de mis Ansias y Finca Daniela.

Estos resultados se alinean con los de Singh et al. [8], quienes demostraron que la degradación del suelo en laderas pronunciadas es una de las mayores limitantes para la productividad agroecológica en regiones tropicales. La implementación de prácticas de conservación como terrazas, cultivos en contorno y coberturas vivas no solo mitiga la erosión, sino que también mejora significativamente la actividad biológica y la retención de humedad, tal como fue

diversidad no garantiza la resiliencia del agroecosistema. Es la diversidad funcional y su aprovechamiento económico lo que realmente impulsa la sostenibilidad [10].

C. Manejo forestal: Conectividad y servicios ecosistémicos

Los resultados para el manejo forestal (Tabla IV) fueron favorables (7.25 y 6.25/10), siendo la cobertura forestal y la presencia de árboles frutales los indicadores más sólidos.

TABLE IV Manejo forestal en fincas de estudio

Indicador	Estado Deseado	R. de M. Ansias	Daniel
Cobertura Forestal	10	7	6
Valor Agregado	10	4	7
Árboles Frutales	10	10	7
Vegetación Natural	10	8	5
Total	10	7.25	6.25

Este alto nivel de cobertura arbórea es consistente con los hallazgos de Bustamante et al. [11] en paisajes agroforestales de Centroamérica, donde se demostró que estos sistemas actúan como corredores biológicos efectivos, manteniendo la conectividad para la fauna y preservando la diversidad beta entre fragmentos de bosque.

D. Productividad económica: El cuello de botella de la comercialización

El grupo de indicadores de productividad económica mostró los resultados más bajos (2.3/10 para ambas fincas, Tabla V), identificando un cuello de botella crítico: la

ausencia de canales de comercialización formales y contrataciones estables.

TABLA V Productividad económica

Indicador	Estado Deseado	R. de M. Ansias	Daniel
Rendimiento	10	5	5
Acceso al Mercado	10	1	1
Contratación	10	1	1
Total	10	2.3	2.3

Esta problemática es común en sistemas agroecológicos de pequeña escala. La solución, como proponen Levard et al. [12], reside en el desarrollo de circuitos cortos de comercialización y encadenamientos productivos que conecten directamente al productor con consumidores conscientes.

E. Satisfacción de necesidades sociales: La base del sustento

Respecto a la satisfacción social (Tabla VI), los valores fueron moderados (6.75 y 8.75/10). Mientras que la convivencia y la calidad de vida son percibidas positivamente, la seguridad alimentaria y, en un caso, la descendencia, emergen como aspectos vulnerables.

TABLA VI Satisfacción de necesidades sociales

Indicador	Estado Deseado	R. de M. Ansias	Daniel

Seguridad Alimentaria	10	6	5
Convivencia	10	10	10
Descendencia	10	1	10
Calidad de Vida	10	10	10
Total	10	6.75	8.75

Productividad Económica	10	2.3	2.3
Satisfacción Necesidades Sociales	10	6.75	8.75

La seguridad alimentaria en sistemas agroforestales depende de la diversificación y la autoproducción. Los hallazgos de Méndez et al. [13] enfatizan que los agroecosistemas diversificados no solo proveen una canasta más variada de alimentos a lo largo del año, sino que también reducen el riesgo asociado a la variabilidad climática.

F. Análisis general integral

El análisis integral (Tabla VII, Fig. 2) sintetiza el estado de ambos agroecosistemas. Las fortalezas en manejo forestal y aspectos sociales contrastan con las debilidades críticas en calidad del suelo y, sobre todo, en la esfera económica.

TABLE VII Evaluación general por grupos de indicadores

Grupo de Indicadores	Estado Deseado	R. de M. Ansias	Daniel
Calidad del Suelo	10	4.8	6.0
Salud del Cultivo	10	6.8	5.1
Manejo Forestal	10	7.25	6.25

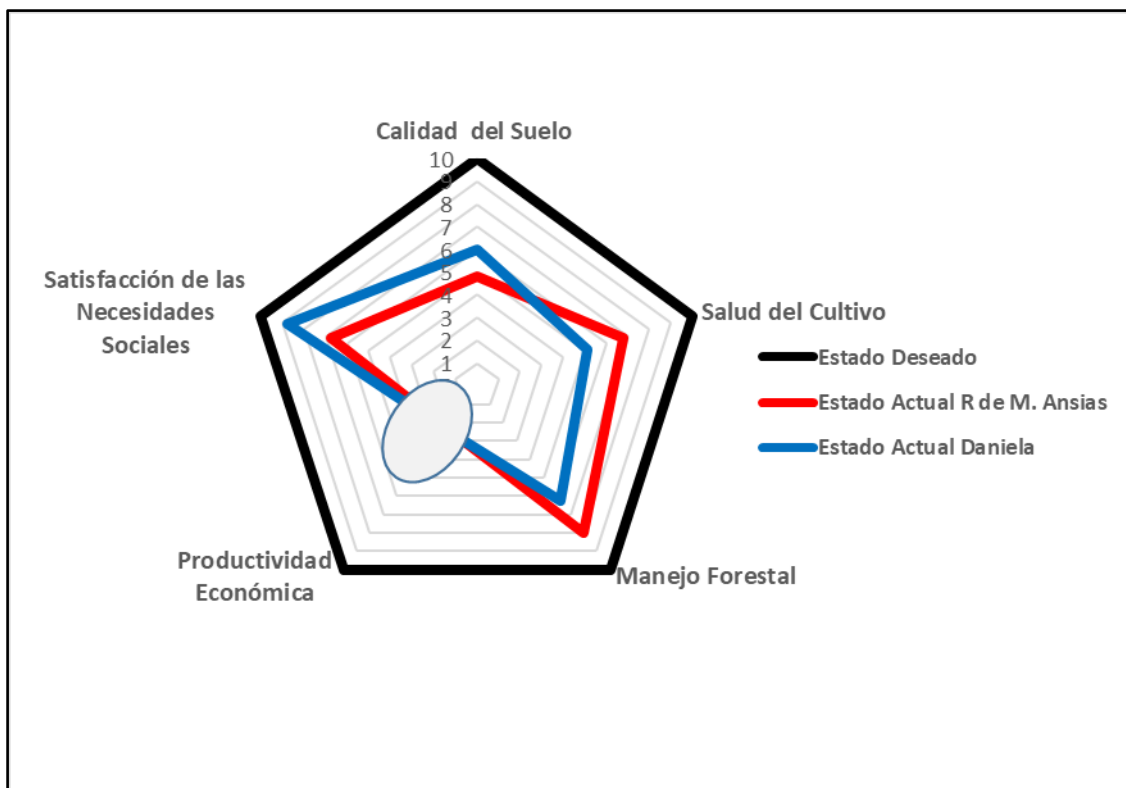


Figura 2. Representación gráfica del comportamiento de los grupos de indicadores

Este perfil es característico de muchos sistemas en transición agroecológica, donde los beneficios ambientales y sociales a menudo preceden a la materialización de los beneficios económicos [14]. El desafío, y la recomendación central de este estudio, es implementar estrategias que apunten específicamente a transformar las fortalezas ambientales en ventajas económicas.

IV. Conclusiones

1. Se validó exitosamente la metodología de evaluación de la efectividad del manejo agroforestal en dos fincas de la subcuenca superior del río San Juan.
2. La aplicación de la herramienta permitió actualizar los inventarios de flora y determinar los usos de las especies por parte de los productores.

3. La evaluación comparativa reveló el estado de cada finca en su transición hacia la sostenibilidad, identificando fortalezas (manejo forestal, convivencia) y debilidades críticas (calidad del suelo en laderas, baja productividad económica).
4. Se elaboró un plan de medidas específico para cada productor, sirviendo como línea base para futuras evaluaciones.

Plan de medidas recomendado

- **Rincón de mis Ansias:** Implementar prácticas urgentes de conservación de suelos (terrazas, barreras vivas, cobertura); diversificar introduciendo componente pecuario y cultivos de ciclo corto; incrementar usos de especies del bosque (productos no madereros).
- **Daniela:** Mejorar la estructura y fertilidad del suelo con abonos verdes y compost; incrementar diversidad de tubérculos, hortalizas y granos; buscar encadenamientos productivos para la

comercialización de café y especies subutilizadas (caimito, ciruela, bija).

- **Ambas fincas:** Fomentar los sistemas informales de semillas; desarrollar servicios de valor agregado (venta de alimentos procesados, ecoturismo) para mejorar los ingresos económicos.

Reconocimiento

Los autores agradecen el apoyo del proyecto "Fortalecimiento de las capacidades productivas para estimular la seguridad alimentaria en la subcuenca del río San Juan" y la colaboración de los productores Iván Martínez González y Yeniel Pérez Pérez.

Referencias bibliográficas

- [1] Y. Martínez et al., "Respuestas adaptativas de comunidades campesinas ante los efectos del cambio climático, Parque Nacional Viñales," *Avances*, vol. 22, no. 3, pp. 373–387, 2020.
- [2] C. Larrea y L. M. Arroyo, *¿Está agotado el período petrolero en Ecuador?* Quito, Ecuador: Universidad Andina Simón Bolívar, 2017.
- [3] M. A. Altieri y C. I. Nicholls, *Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. México D.F., México: PNUMA, 2000.
- [4] S. R. Gliessman, *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 2001.
- [5] M. A. Altieri, C. I. Nicholls, y A. Henao, "Manejo agroecológico para mitigar el cambio climático y aumentar la seguridad alimentaria," *Leisa Rev. Agroecol.*, vol. 33, no. 2, pp. 5–9, 2017.
- [6] J. C. Cordero, A. Chile, y D. Arzola, *Manual Práctico para evaluar la efectividad de manejo agroforestal*. Pinar del Río, Cuba: ECOVIDA, 2020.
- [7] A. Leyva y A. Pérez, "Índice de Diversidad del Agroecosistema (IDA): una herramienta para la evaluación de la sostenibilidad," in *Memorias del V Congreso de Agroecología*, La Habana, Cuba, 2015, pp. 112–120.
- [8] R. Singh, A. K. Srivastava, y P. C. Moharana, "Soil degradation in tropical agroecosystems: mechanisms and monitoring," *Curr. Sci.*, vol. 122, no. 4, pp. 412–421, Feb. 2022.
- [9] M. A. Martínez-Gamiño, J. D. Álvarez-Bernal, y L. D. C. Ramos, "Impact of conservation practices on soil quality in sloping lands under agroforestry systems in Michoacán, Mexico," *Agrofor. Syst.*, vol. 95, no. 5, pp. 923–935, Jun. 2021.
- [10] R. Cerda, E. Ospina, y P. Quintero, "From diversity to income: Commercializing non-timber forest products in agroforestry systems," *Forest Policy Econ.*, vol. 119, p. 102267, Oct. 2020.
- [11] A. Bustamante, C. A. Peres, y H. R. Elizondo, "Agroforestry matrices as potential biodiversity corridors in fragmented landscapes," *Biol. Conserv.*, vol. 277, p. 109827, Jan. 2023.
- [12] L. Levard, M. Bertrand, y S. D. Novotny, "Short food supply chains as a strategy for agroecological transition: A case study in Brazil," *J. Rural Stud.*, vol. 89, pp. 86–97, Jan. 2022.
- [13] E. Méndez, V. E. Méndez, y A. M. Castro, "Agroecological practices for food security and climate resilience in Central America," *Elementa*, vol. 8, p. 17, 2020.
- [14] S. J. Vanek, J. P. Jones, y M. J. Chappell, "The economic viability of agroecology: A cross-continental analysis," *Agron. Sustain. Dev.*, vol. 42, no. 2, p. 23, Mar. 2022.
- [15] F. Carmenta, R. J. McNamara, y S. V. Lukumbuzya, "Beyond counts: The functional significance of biodiversity for agroecosystem services," *Trends Ecol. Evol.*, vol. 37, no. 11, pp. 981–991, Nov. 2022.
- [16] C. I. Álvarez-Mendoza, J. A. Guzmán, y L. M. Parra, "Carbon sequestration potential of agroforestry systems in the Neotropics: A meta-analysis," *Sci. Total Environ.*, vol. 759, p. 143525, Mar. 2021.
- [17] S. Guéneau, M. R. Diniz, y F. C. Oliveira, "Adding value to agroforestry products: Strategies for smallholders in the Amazon," *World Dev.*, vol. 123, p.

104632, Nov. 2019.

[18] A. Jacome, P. A. Sanchez, y R. A. Córdova, "Intergenerational land transfer and the future of agroforestry systems: A case study from the Andes," *Land Use Policy*, vol. 101, p. 105157, Feb. 2021.

Biografía Autor(es)

Damaysa Arzola Delgado Licenciada en Educación. Especialidad Geografía. Es Máster en Ciencias y especialista del Área Protegida de Recursos Manejados Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario, Cuba. Sus áreas de investigación incluyen agroecología y manejo sostenible de recursos naturales.

Jorge Luis Zamora Martin. Licenciado en Geografía. Es Máster en Ciencias. Sus intereses de investigación son la conservación de la biodiversidad y los sistemas agroforestales. Director del APRM Sierra del Rosario.

Yelene Hernández González. Es Licenciada en Trabajo Social, Máster en Ciencias en el Área Protegida de Recursos Manejados Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario.

Lelieth Feyobe Sadoval. Licenciada Educacion, Especialidad Primaria y Master en Ciencias y directora del el CESAART.

Alexander Chile Bocourt. Ingeniero Agrónomo, Máster en Agroecología y Agricultura Sostenible. Es Doctor en Ciencias Agrícolas y Profesor Titular en la Universidad de Artemisa "Julio Díaz González", Cuba. Sus intereses de investigación incluyen el proceso de Transformación Agroecológica en la Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario. Es miembro colaborador del Centro de Estudios y Servicios Ambientales de Artemisa (CESAART) y Experto del PTCTI 02 AR Gestión Medio Ambiental para el enfrentamiento al Cambio Climático.