



## DISEÑO DE SISTEMAS AGROFORESTALES PARA LA MICROCUENCA SANTA RITA, MUNICIPIO PALMA SORIANO

### DESIGN OF AGROFORESTRY SYSTEMS FOR THE SANTA RITA MICRO-BASIN, PALMA SORIANO MUNICIPALITY

JOSÉ Á. CHANG-PORTO<sup>1\*</sup>, MERCEDES AGUILAR-CASTAÑEDA<sup>1</sup>, YISEL ROJAS-SERRANO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitario Municipal de Palma Soriano, Santiago de Cuba.

<sup>2</sup>Centro Provincial de Meteorología, Santiago de Cuba, Cuba.

\*Autor para correspondencia: [jchang@uo.edu.cu](mailto:jchang@uo.edu.cu); [aguilar.castaneda@uo.edu.cu](mailto:aguilar.castaneda@uo.edu.cu)

#### RESUMEN

La implementación de sistemas agroforestales (SAF) es clave para la sostenibilidad ambiental y socioeconómica en zonas rurales. Este estudio tuvo como objetivo diseñar SAF adaptados para la microcuenca Santa Rita (Palma Soriano, Cuba), donde la deforestación y prácticas agrícolas inadecuadas han provocado erosión, pérdida de biodiversidad y baja productividad. Mediante diagnóstico rural participativo y Sistemas de Información Geográfica (SIG), se caracterizaron 304,72 ha y se identificaron 25 parcelas con conflictos de uso del suelo (14 sobreexplotadas y 11 subutilizadas). Los resultados mostraron que el 58% del área tiene pendientes >12%, exacerbando la degradación del suelo. Se propusieron siete criterios para SAF, incluyendo fajas hidrorreguladoras (15,03 ha), bosques de protección (4,57 ha) y sistemas integrados de café, frutales y cultivos varios (6,76 ha y 14,12 ha, respectivamente). Estas medidas redujeron la erosión, mejoraron la productividad y diversificaron ingresos, especialmente en laderas pronunciadas. Se destacó la participación activa de las mujeres (47% de la fuerza laboral) en las actividades productivas. Las conclusiones resaltan que los SAF, combinados con la inclusión de actores locales y técnicas de conservación, optimizan el uso del suelo y aseguran la sostenibilidad agroecológica en la microcuenca.

**Palabras clave:** erosión, participación comunitaria, diversificación, conservación, pendiente

#### ABSTRACT

The implementation of agroforestry systems (AFS) is key to environmental and socioeconomic sustainability in rural areas. This study aimed to design AFS adapted to the Santa Rita microbasin (Palma Soriano, Cuba), where deforestation and inappropriate agricultural practices have led to erosion, biodiversity loss, and low productivity. Through participatory rural assessment and Geographic Information Systems (GIS), 304.72 ha were characterized, identifying 25 plots with land-use conflicts (14 overexploited and 11 underutilized). The results showed that 58% of the area has slopes >12%, exacerbating soil degradation. Seven criteria for AFS were proposed, including hydroregulatory strips (15.03 ha), protection forests (4.57 ha), and integrated systems of coffee, fruit trees, and various crops (6.76 ha and 14.12 ha, respectively). These measures reduced erosion, improved productivity, and diversified income, especially on steep slopes. The active participation of women (47% of the workforce) in productive activities was notable. The conclusions highlight that the SAFs, combined with the inclusion of local stakeholders and conservation techniques, optimize land use and ensure agroecological sustainability in the micro-watershed.

**Keywords:** erosion, community participation, diversification, conservation, slopes

#### INTRODUCCIÓN

Diseñar sistemas agroforestales (SAF) adecuados es fundamental para garantizar la sostenibilidad ambiental y el bienestar de las comunidades. Estos sistemas, que combinan árboles con cultivos y/o ganado, optimizan el uso de los recursos naturales, evitan la sobreexplotación del suelo y mantienen la biodiversidad. Al integrar prácticas como la

rotación de cultivos, el uso de especies nativas y la conservación de la cobertura vegetal, se logra un equilibrio ecológico que proporciona bienes (como alimentos, madera y medicinas) y servicios ambientales (como regulación hídrica, captura de carbono y protección de la biodiversidad) de manera permanente. Así, los sistemas agroforestales bien planificados no solo mejoran la resiliencia de los ecosistemas, sino que también aseguran medios de vida sostenibles para las generaciones presentes y futuras.

Recibido: 04/5/2021

Aceptado: 02/6/2021



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



Los cambios en el uso del suelo en las áreas de la Cooperativa de Créditos y Servicios 26 de Julio (CCS) y en la UBPC cafetalera Santa Rita han generado un alto nivel de deforestación de la vegetación nativa. Estos cambios se deben a la implementación de sistemas de producción inadecuados para actividades agrícolas y ganaderas. Como consecuencia, se ha producido la pérdida de especies valiosas de flora y fauna, así como el deterioro de las funciones protectoras que cumplían los bosques de galería en las cuencas de captación.

Además, se observa una baja productividad en los cultivos fundamentales, lo que deriva en pérdidas económicas significativas. Este fenómeno tiene un impacto socioambiental negativo en los productores de las comunidades rurales cercanas a esta zona agraria. La situación actual acelera la degradación ambiental en la región.

En las áreas de la microcuenca Santa Rita, ubicada en el municipio de Palma Soriano, se identificaron 25 parcelas con conflictos en el uso del suelo mediante el empleo de Sistemas de Información Geográfica (SIG). De estas, 14 presentan problemas de sobreexplotación, mientras que las 11 restantes están subutilizadas (Rojas Serrano, 2018). El objetivo principal de este trabajo consistió en definir los criterios necesarios para diseñar sistemas agroforestales adecuados en dicha microcuenca.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del área de estudio

La microcuenca objeto de estudio recibe el nombre de Santa Rita. Se localiza entre las coordenadas X1- 579.027,43, X2 - 582.031,14 y Y1 - 167.016,40, Y2 -168.875,15. Esta área abarca las hojas cartográficas a escala 1:25 000, denominadas Las Cuchillas y Dos Palma, dentro del consejo popular Caney del Sitio, en el municipio Palma Soriano.

### Levantamiento de la situación actual mediante técnicas de diagnóstico rural participativo

La recolección de información incluyó un recorrido por las áreas agrícolas de la microcuenca. Después del recorrido, se organizó una reunión con representantes de las estructuras productivas involucradas. Durante esta reunión, se identificaron y acordaron de manera consensuada las problemáticas fundamentales que requieren estudio.

### Diseño de sistemas agroforestales para la microcuenca Santa Rita

Uno de los objetivos principales de este trabajo consiste en diseñar modelos de sistemas agroforestales adaptados a esta zona. Estos modelos se basan en la información local obtenida mediante un diagnóstico participativo, en el cual los actores compartieron sus experiencias prácticas en el manejo de cultivos. Además, se desarrolló un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permitió establecer siete criterios fundamentales, los cuales consideraron la correlación

entre el uso actual del suelo, la pendiente y la proximidad a la red hídrica.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización socioambiental de la cuenca

En el área se ubica una UBPC y la CCS 26 de Julio. Ambas estructuras productivas tienen como objetivo fundamental la producción de café, aunque también desarrollan cultivos varios, leche y frutales. Estas actividades económicas representan la base del sustento para la población local.

Dentro de esta microcuenca existe una comunidad rural llamada Santa Rita, la cual tiene una población de 120 habitantes. De ellos, el 62% son hombres, y de este grupo, el 44% trabaja en áreas de la cuenca. En cuanto a la ocupación de las mujeres, el 47% labora en el lugar, lo que evidencia una mayor participación del sector femenino en comparación con el masculino.

### Suelo

Los suelos de esta área son pardos con carbonatos, aunque en algunas zonas presentan un mayor grado de erosión. Esta degradación se debe a la sobreexplotación y a la falta de aplicación de medidas de conservación adecuadas para esta topografía. Como resultado, se observa una disminución en la calidad del suelo, lo que afecta su productividad.

### Relieve

El área en estudio se encuentra entre las cotas 342 y 160 msnm. La microcuenca posee una topografía alomada, con vaguadas intermitentes que solo transportan agua durante la época de lluvias. Estas características geomorfológicas influyen en la dinámica hidrológica y en la distribución de los suelos.

La pendiente se clasificó según cuatro rangos, y el 58 % del área presenta pendientes superiores al 12 % (Tabla 1). Esto refleja la topografía accidentada de la zona, la cual limita el desarrollo de actividades agropecuarias en ciertas áreas. Además, estas pendientes pronunciadas incrementan el riesgo de erosión si no se implementan prácticas de manejo adecuadas.

**Tabla 1.** Clasificación de las pendientes y porcentaje del área de estudio.

RANGO (%)	RELIEVE	ÁREA (ha)	PORC (%)
0-5	Plano	36,56	12
5-12	Suave	91,42	30
12-20	Media	176,74	58
20-40	Media a fuerte	-	-
<b>Total</b>		<b>304,72</b>	<b>100</b>

## Hidrografía

La microcuenca ocupa una superficie de 304,72 ha y un perímetro de 8 km. Se ubica en la parte media de la cuenca del río Cauto y funciona como afluente del embalse Gota Blanca, el cual está clasificado como fuente de abasto para la población de la ciudad de Palma Soriano. Una parte de estas aguas se destina al riego agrícola (Chang Porto, 1999). Su red de drenaje está conformada por un arroyo denominado El Quemado, con una longitud de 2,5 km. En este arroyo vierten sus aguas tres afluentes o vaguadas secas, que solo presentan flujo durante eventos de escorrentía provocados por las lluvias.

## Vegetación

La vegetación característica de esta zona corresponde a bosques mesofíticos con especies semicaducifolias. Estos bosques albergan árboles de porte alto, entre los que destacan maderas preciosas como el cedro (*Cedrela odorata*) y la baria (*Cordia geraschanthus*). También incluyen maderas duras como el piñón florido (*Gliricidia sepium*), semiduras como el algarrobo del país (*Samanea saman*), y blandas como la ayua (*Zanthoxylum elephantiasis*).

Además, estos bosques integran especies frutales de porte alto, como el mango (*Mangifera indica*), la guayaba (*Psidium guajava*), el anón (*Annona squamosa*) y el anoncillo (*Melicoccus bijugatus*). Estas especies se encuentran mezcladas como parte del semibosque cafetalero, lo que contribuye a la diversidad estructural del ecosistema.

## Uso de los suelos

Los cultivos agrícolas se localizan con frecuencia en las zonas aledañas a los cauces fluviales, generalmente en pendientes pronunciadas. Esta disposición genera una erosión considerable del suelo, lo que afecta negativamente al régimen hidrológico de la cuenca. El proceso de sedimentación que se acumula en los cauces agrava aún más este deterioro. La figura 1 ilustra la distribución de los suelos según los cultivos existentes en esta microcuenca.

### Ocupación de áreas en la microcuenca

Los bosques secundarios presentan el mayor porcentaje de ocupación en las áreas de la microcuenca. En estos predominan especies maderables de escaso valor comercial, ya que corresponden a antiguos cafetales abandonados por su baja productividad y posteriormente destinados a cultivos temporales. Aunque aún se conservan especies de valor, estas se encuentran dispersas y en baja densidad (Betancourt, 2000).

### Integración de actores en el ordenamiento territorial

Resulta conveniente integrar las acciones de los actores económicos vinculados a la cadena productiva del café en proyectos de ordenamiento territorial. Esta integración debe basarse en la zonificación agroecológica, considerando

## Uso de los Suelos

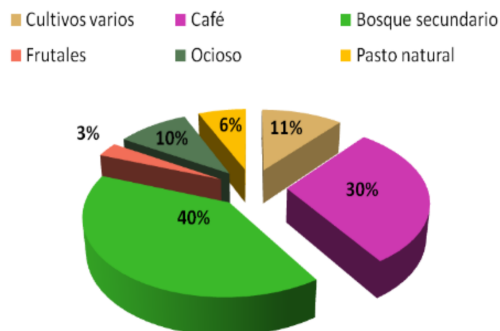


Figura 1. Distribución del uso de los suelos en la microcuenca Santa Rita.

factores edafoclimáticos, la tradición de los productores en el cultivo del grano y su motivación por diversificar la producción e ingresos. Además, deben evaluarse las posibilidades reales de incrementar la productividad mediante tecnologías existentes y su transferencia adaptada a cada unidad de producción (Ponce Vaca et al., 2018).

### Parcelas agrícolas en laderas con pendientes pronunciadas

Dentro del perímetro de la microcuenca, se identificaron 94 parcelas con uso agrícola, de las cuales 25 se ubicaban en laderas con pendientes entre el 12% y 15%. Estos datos coinciden con los informes de producción, donde se registraron rendimientos bajos en dichas parcelas, inferiores a los esperados para estos tipos de suelo y sistemas agrícolas de premontaña. Un ejemplo claro fue una parcela de frijol caupí (*Vigna unguiculata*) que produjo solo 0.14 ton/ha, mientras que el indicador para suelos pardos en premontaña es de 0.3 ton/ha.

### Comparación con estudios previos

Reve Leonard (2004) obtuvo resultados contrastantes en áreas de la Estación de Investigaciones Forestales en Guisa. Allí, el cultivo de frijol caupí (*Vigna unguiculata*) var. Rojo en sistemas agroforestales con suelos y pendientes similares alcanzó una producción de 2.0 t/ha. Este incremento se logró mediante la aplicación de medidas de conservación de suelos.

### Criterios para la implementación de sistemas agroforestales

A partir del análisis de las parcelas en pendientes del 12% al 15%, se definieron siete criterios para justificar el cambio de uso hacia sistemas agroforestales:

1. Bosque secundario con predominio de frutales de porte alto.
2. Ladera cultivada en nacimiento de cauce.
3. Nacimiento de cauce con frutales dispersos en producción.

4. Ladera cultivada con pendiente > 12%, en área de la faja.
5. Ladera con matorral y pendiente < 6%.
6. Ladera cultivada con pendiente > 6%, en área de la faja.
7. Área ociosa rodeada de cafetales, con semisombra.

### Propuesta de cambio de uso del suelo

En la [tabla 2](#) se detalla la propuesta de cambio de uso del suelo para los diferentes sistemas agroforestales a implementar.

[Rubiano Mejía et al. \(2014\)](#), realizaron un estudio en el valle del Cauca donde propusieron indicadores para seleccionar áreas con vocación para sistemas agroforestales (SAF). Estos indicadores se basaron en el uso de sistemas de información geográfica (SIG) y diagnósticos socioeconómicos, similares a los aplicados en este trabajo. Los resultados demostraron la utilidad del análisis de indicadores biofísicos y socioeconómicos para el diseño de SAF.

A continuación, se proponen los manejos posibles a aplicar para cada sistema agroforestal en las parcelas seleccionadas con conflicto:

#### Área propuesta para la siembra de Café: 6,76 ha

Estas áreas corresponden a antiguos cafetales donde se decidió reintroducir café después de evaluar las propiedades del suelo mediante análisis de laboratorio. Los resultados mostraron similitudes con los suelos de los cafetales aledaños. Como manejo de la formación boscosa existente, se realizará un raleo por lo bajo para mejorar la estructura del dosel y crear semisombra para las nuevas plántulas. La especie seleccionada para la siembra es *Coffea canephora* var. *Robusta*, debido a su mayor resistencia a las condiciones climáticas de la zona.

#### Área propuesta para la siembra de cultivos varios: 2,01 ha

Esta parcela se destinará a cultivos de ciclo corto debido a su pendiente inferior al 7%, su ubicación en la planicie de la cuenca y su suelo con buena profundidad efectiva. Entre los cultivos seleccionados se incluyen boniato (*Ipomoea batatas*), calabaza (*Cucúrbita americana*), maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*), con el objetivo de producir

alimentos para los trabajadores durante la cosecha de café. La preparación del área consistirá en una limpia silvicultural, financiada por el Servicio Estatal Forestal a un costo de 845,74 CUP/ha. Como parte del manejo, se conservarán los árboles frutales en desarrollo y los arbustos melíferos en el perímetro, como el piñón florido (*Gliricidia sepium*), almacigo (*Bursera simaruba*) y ateje (*Cordia collococca*).

#### Sistema agroforestal en áreas de cultivos: 3,53 ha

En estas parcelas, ubicadas en zonas con pendiente del 10%, se plantará una faja de especies forestales multipropósito junto con cultivos agrícolas anuales. Esta medida busca reducir el arrastre de sedimentos hacia los cauces durante la época de lluvias. La faja se distribuirá en tres secciones: parte alta, media y baja (franja hidrorreguladora), con una separación de 6 metros entre ellas.

#### Área propuesta para Bosque de frutales: 14,12 ha

Con el objetivo de diversificar las producciones agropecuarias, se propone la siembra de frutales en 1,59 ha que anteriormente se usaban para cultivos y en 12,53 ha que permanecían ociosas. Se aprovecharán especies ya presentes en la zona, como mango (*Mangifera indica*), caimito (*Chrysophyllum cainito*), nispero (*Manilkara zapotilla*), zapote (*Pouteria sapota*), guayaba (*Psidium guajava*) y anoncillo (*Melicoccus bijugatus*), aunque con baja densidad por especie. La producción de frutales servirá para alimentar a los trabajadores durante la cosecha de café.

#### Área propuesta para Bosques de Protección: 4,57 ha

Estas áreas, ubicadas en zonas de recarga de cursos de agua y con pendientes superiores al 12%, se destinarán a bosques permanentes para la protección y conservación de las cuencas. Como manejo, se realizarán cortas de mejora para eliminar especies invasoras de bajo valor comercial, como el caucho (*Castilla elástica*). Además, se plantarán plántulas de cedro (*Cedrela odorata*), jobo (*Spondias mombin*), yamagua (*Guarea guidonia*), yaba (*Andira inermis*) y ayúa (*Zanthoxylum martinicensis*) mediante el método de enriquecimiento por fajas. Estas especies mejorarán la composición y estructura del bosque, lo que favorece su función ecológica y económica.

**Tabla 2.** Propuesta a cambio de uso del suelo para los diferentes SAF.

Uso actual	Uso Perspectivo							TOTAL
	Café	Cult. vario	SAF	Bosque Frutal	SAF c/frutal	Bosq. Prot	Faja hidrorreg	
Bosque	3,58							3,58
Cultivo			3,53	1,59	6,89		15,03	27,04
Ocioso	3,18	2,01		12,53		4,57		22,29
TOTAL	6,76	2,01	3,53	14,12	6,89	4,57	15,03	52,91

El diseño del sistema se basó en principios de retención de erosión y en el potencial de las prácticas agroforestales para conservar el suelo. En la parte alta de la microcuenca, el componente forestal actúa como cobertura que reduce el efecto erosivo de las lluvias, lo que disminuye la susceptibilidad del suelo a la erosión.

#### **Faja hidrorreguladora: 15,03 ha**

Las siete parcelas destinadas a este sistema se seleccionaron por su uso previo en cultivos temporales dentro de la faja de protección de cauces fluviales, lo que generaba una severa sedimentación. El Capítulo IV, artículo 40 del reglamento de la Ley Forestal (Garea Alonso, 2000) establece que en las fajas forestales se prohíben las construcciones, los cultivos agrícolas y los movimientos de tierra, excepto cuando formen parte de medidas antierosivas. Como manejo, se plantarán franjas de árboles con cuatro hileras al tres bolillo y un marco de 2x2 metros, extendiéndose desde el nivel de aguas normales de los cauces hacia las laderas.

#### **CONCLUSIONES**

1. La integración de sistemas agroforestales (SAF) en la microcuenca Santa Rita optimiza el uso del suelo, combina café, cultivos varios y frutales, y reduce la erosión. Esto mejora la productividad y diversifica los ingresos, especialmente en pendientes pronunciadas, donde los SAF han demostrado mayor eficiencia que los monocultivos.
2. El 58% del área tiene pendientes >12%, exacerbando la erosión. La propuesta de fajas hidrorreguladoras y bosques de protección mitiga la sedimentación en cauces, protege la calidad del agua del embalse Gota Blanca y asegura la sostenibilidad agroecológica mediante técnicas como el raleo y enriquecimiento con especies nativas.
3. El 47% de las mujeres trabaja en la cuenca, lo que supera al 44% de hombres, destaca su rol clave en la producción local. La zonificación agroecológica debe incluir a actores locales, considerando tradiciones cafetaleras y motivación por diversificar, junto con transferencia tecnológica adaptada a cada unidad productiva.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

- Betancourt, A. (2000). *Árboles maderables exóticos en Cuba*. Editorial Científico Técnica.
- Chang Porto, J. A. (1999). *Diagnóstico Participativo para El Manejo Sostenible de la Sub cuenca El Macucho, en la Cuenca del río Cauto* [Tesis en opción al título de máster en Ciencias Forestales]. Facultad agroforestal. Universidad de Pinar del Río.
- Garea Alonso, J. M. (2000). Regulaciones complementarias de la Ley Forestal. *Cuba Forestal*, 1(1).
- Ponce Vaca, L. A., Acuña Velázquez, I. R., Proaño Ponce, W. P., & Orellana Suárez, K. D. (2018). El sistema agroforestal cafetalero. Su importancia para la seguridad agroalimentaria y nutricional en Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 6(1), 116-129.
- Reve Leonard, F. (2004). *Prácticas sostenibles de cultivos en escenarios agrarios con limitaciones productivas en la Sierra Maestra*. 3er Congreso Forestal de Cuba.
- Rojas Serrano, Y. (2018). *Propuesta de sistemas agroforestales en la microcuenca Santa Rita* [Trabajo de Diploma para ingeniero agrónomo]. Facultad de ingeniería Química y Agronomía. Universidad de Oriente.
- Rubiano Mejía, J. E., Rincón Romero, M., & Castro Llanos, F. A. (2014). Identificación de áreas potenciales para la implementación del sistema agroforestal Quesungual en el Valle del Cauca. *Perspectiva Geográfica*, 19(2), 201-218.