

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN
ESCUELA DE POSGRADO**

**Tipologías y servicios ecosistémicos de los sistemas agroforestales con café en Rancho
Arriba, San José de Ocoa, República Dominicana**

Tesis sometida a consideración de la División de Educación y la Escuela de Posgrado como
requisito para optar al grado de

MAGISTER SCIENTIAE

en Agroforestería y Agricultura Sostenible

Carolina Reyes Rodríguez

Turrialba, Costa Rica

Diciembre, 2023

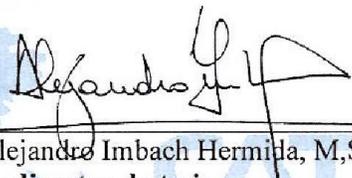
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero de la estudiante, como requisito parcial para optar por el grado de

**MAGISTER SCIENTIAE EN AGROFORESTERÍA Y
AGRICULTURA SOSTENIBLE**

FIRMANTES:



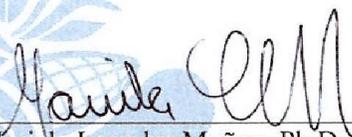
Guillermo Detlefsen Rivera, M.Sc.
Codirector de tesis



Alejandro Imbach Hermida, M.Sc.
Codirector de tesis



Quisqueya Pérez de Pacheco, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Mariela Leandro Muñoz, Ph.D.
Decana, a.i., Escuela de Posgrado



Carolina Reyes Rodríguez
Candidata

Dedicatoria

A mi madre, Rosa Ana.

“Si me matan, sacaré los brazos de la tumba y seré más fuerte”

Minerva Mirabal

Agradecimientos

A Dios, todopoderoso, por ser mi guía y protector.

A MESCyT, por la oportunidad que me fue dada para cumplir uno de mis sueños, por el apoyo al financiar mis estudios.

A mi familia, a mi mamá Rosa Ana, por siempre apoyarme; a mi hermana Angélica, por siempre creer en mí; y a mi hermana Roxana, por su ayuda.

A mi nueva *alma mater*, CATIE, por acogerme y formarme profesionalmente.

A mis profesores, por ser entes de motivación.

A mi comité de tesis, Alejandro Imbach, Guillermo Detlefsen y Quisqueya Pérez. Gracias, Alejandro y Guillermo, por su paciencia, dedicación y, sobre todo, por el tiempo dedicado a este proyecto.

A mis chicas Andino, por esos lazos de amistad y los recuerdos grabados en el corazón, por ese próximo cafecito.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. Materiales y métodos	3
2.1. Área de estudio	3
2.2. Descripción de las variables del estudio para el trabajo en campo.....	4
3. Resultados y discusión	4
3.1 Descripción del área de estudio municipio de Rancho Arriba	4
3.1.1 Cobertura y usos del suelo.....	5
3.1.2 Áreas protegidas San José de Ocoa	6
4. Especies arbóreas que caracterizan el paisaje cafetalero (estructura de los SAFC) y sus tipos	6
4.1. Estructura de los SAFC.....	6
4.1.1. Tipología de cobertura arbórea de fincas cafetaleras pequeñas.....	7
4.2 Especies predominantes en las diferentes fincas	8
4.1.2. Asociación de los tipos y su cobertura arbórea	9
4.1.3 Diversidad de especies arbóreas	10
4.1.4 Influencia de la pendiente en los tipos de fincas.....	12
5. Características de la sombra generada por los árboles.....	12
5.1.1 Diseño agroforestal	13
5.1.2 Estratificación vertical del componente arbóreo	13
6. Factores más influyentes para la diversificación del dosel de sombra en el cafetal...	14
6.1 Beneficio de árboles fijadores de nitrógeno	14
6.2 Beneficio de los árboles frutales.....	14
6.3 Árboles con uso energético	15
7. Variabilidad climática en Rancho Arriba	15
8. Reconocimiento de los servicios ecosistémicos generados por los SAF con café por los productores	16
8.1.1 Servicios de provisión o abastecimiento	16
8.1.2 Servicios de regulación	16
8.1.3 Servicios de soporte o apoyo	16
8.1.4 Servicios culturales	16

9. Servicios ecosistémicos provistos por los SAF-café que perciben las familias productoras	18
9.1 Reconocimiento de los servicios de provisión o abastecimiento.....	18
9.2 Reconocimiento de los servicios de regulación	18
9.3 Reconocimiento de servicios de soporte	19
11. Servicios ecosistémicos más valorados por las familias de la zona de estudio	19
11.1 Identificación de los servicios ecosistémicos más importantes en el municipio	20
12. Prácticas de manejo de árboles para la conservación de los servicios ecosistémicos en los sistemas agroforestales con café que realizan las familias	20
13. Discusión	20
14. Conclusiones	22

FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del municipio Rancho Arriba, donde se realizó la investigación (Elaboración propia).....	3
Figura 2. Mapa de cobertura y uso de suelo, 2015 (Fuente: bpp.org.do)	5
Figura 3. Mapa de áreas protegidas, 2019 (Fuente: bpp.org.do)	6
Figura 4. Dendrograma de los tres tipos de cobertura arbórea de fincas cafetaleras de Rancho Arriba, San José de Ocoa, República Dominicana. Obtenido del análisis de conglomerados.	7
Figura 5. Componente arbóreo predominante en los SAFC.....	13
Figura 6. Temperatura máxima y mínima, precipitación en 29 años de Rancho Arriba	15
Figura 8. Servicios ecosistémicos reconocidos por los productores de Rancho Arriba (fuente propia).	17

TABLAS

Tabla 1. Especies maderables predominantes en C1 que no se encuentran en los otros grupos	8
Tabla 2. Especies que predominan en C2	8
Tabla 3. Especies que predominan en C3	9
Tabla 4. Características que describen los tipos de SAFC pequeñas y su cobertura.....	9
Tabla 5. Prueba de asociación estadístico chi cuadrado para las variables de perfil vertical y horizontal según grupo	9
Tabla 6. Especies arbóreas en los sistemas agroforestales con café en el municipio de Rancho Arriba.....	10
Tabla 7. Influencia de la pendiente en los tipos de fincas	12

Lista de acrónimos

Sigla	Definición
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
SAF	Sistema agroforestal
SE	Servicios ecosistémicos
RD	República Dominicana
INDOCAFE	Instituto Dominicano del Café
IDIAF	Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales

Resumen

Este trabajo de investigación fue llevado a cabo en el municipio de Rancho Arriba, provincia de San José de Ocoa, República Dominicana, con el objetivo de agrupar los sistemas de producción cafetaleros. Se utiliza la formación de tipos que representen los rasgos de los árboles que conforman los distintos sistemas agroforestales con café (SAFC) de la zona de estudio y el reconocimiento de los servicios ecosistémicos que brindan estos sistemas conocidos por los productores del municipio. Se realizaron inventarios de parcelas temporales de 1000 m² (50 x 20 m) y se tomaron datos del dosel de sombra. Se llevaron a cabo entrevistas a 32 productores sobre el reconocimiento de los servicios ecosistémicos que perciben con el SAFC existente en sus fincas. Se sometieron a análisis de conglomerado y se obtuvieron tres grupos: fincas pequeñas con cobertura mixta y maderables, predominadas por riqueza media y cobertura 8.80 ± 1.13 , copa abundante 155.56 ± 32.51 ; fincas pequeñas con cobertura predominante de árboles de servicio y frutales, con alta riqueza 14.71 ± 2.11 y cobertura de copa abundante 169.41 ± 41.83 , y fincas pequeñas con cobertura mixta sin maderables, con riqueza baja 5.40 ± 0.73 y copa poco abundante 76.0 ± 8.96 . Se determinaron tres de las categorías de los servicios ecosistémicos, con énfasis en los servicios de provisión y regulación.

Palabras claves: servicios ecosistémicos, sistema agroforestal, República Dominicana, tipología de café

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de café en la República Dominicana (RD) es una de las principales actividades agrícolas generadoras de ingresos para la población rural de las regiones con zonas montañosas. Gran parte de las fincas de café son de pequeños y medianos productores. Según el Instituto Dominicano del Café (INDOCAFE), esta actividad productiva ocupa un área aproximada de 100 608 ha a nivel nacional y beneficia a cerca de 28 000 familias dedicadas a su cultivo y comercialización (INDOCAFE 2021).

El café es a menudo cultivado bajo doseles de árboles de sombra, conocidos como sistemas agroforestales (SAF), los cuales han sido utilizados tradicionalmente en República Dominicana (RD) para la producción de café y cacao, aunque sus beneficios reales no son totalmente aprovechados (Núñez *et al.* 2004).

En estos sistemas, se combinan las especies arbóreas con el café, con el objetivo de conservar el suelo y el agua, mejorar y mantener la producción, reducir la dependencia de un solo cultivo y garantizar una mayor sostenibilidad económica y ecológica de las actividades cafetaleras. En torno a los SAF, se toman decisiones con respecto a la selección de las especies que satisfagan las necesidades humanas (Muschler 1999; Jose y Udawatta 2021).

Dichos sistemas tienen el potencial de proporcionar múltiples servicios ecosistémicos esenciales para el bienestar humano. Dentro de los bienes y servicios obtenidos de los ecosistemas se encuentran la regulación del clima, la conservación de la biodiversidad, la infiltración de agua, el secuestro de carbono y la polinización, entre otros (Costanza 2000 MEA 2005; Villarreyna *et al.* 2020; FAO 2022). Además, los SAF son una alternativa para preservar los recursos naturales en el trópico por la alta heterogeneidad espacial, donde se hallan otros tipos de cultivos, usos de suelo y cobertura vegetal (Gil-Palacio 2020).

Por la alta diversidad biológica que a menudo se encuentran en los SAF, por la estructura y el funcionamiento similares a un bosque, que una vez reemplazaron, poseen una gran importancia para la conservación de especies, la contribución a la economía y el suministro de los bienes a los agricultores.

Además, la composición de los SAF está determinada por las especies de árboles y cultivos que están presentes; su estructura está determinada por la densidad, la disposición espacial de las especies y el número de estratos que conforman el sistema (Pédelahore *et al.* 2023; López *et al.* 2003; Sosa *et al.* 2020). El diseño y manejo de los SAF refleja las realidades socioeconómicas de los productores agrícolas, las condiciones agroecológicas locales, las oportunidades y las limitaciones del sistema, que influyen en la generación de tipologías cafetaleras, las cuales varían entre países (Sosa *et al.* 2020).

Sin embargo, los estudios son escasos cuando se busca explicar las tipologías con enfoque en los árboles que componen el dosel de sombra. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (Ramírez y Cerda 2021) en República Dominicana, mediante el proyecto de Biodiversidad para Paisajes Productivos, propuso de forma general dividir los sistemas en tres tipos principales: el sombrío diverso tradicional, el sombrío simple tecnificado y el sombrío diverso tecnificado. Las diferencias más marcadas están definidas por el número de especies con las que se asocia el café desde 1 a más de 10 especies.

Por su parte, Somarriba *et al.* (2021) determinaron la composición del dosel de sombra en los cafetales de República Dominicana y los clasificaron como sistema café-guama-frutales, con el

57 % de área basal con especies como guama (*Inga vera*), un 35 % cubierto por musáceas (*Musa sp.*) y especies frutales, y solo un 8 % de pocas especies maderables. También se identificaron las especies con mayor relevancia para la asociación del café para formar el dosel guama, guineo, naranja agria, aguacate y amapola.

Con base en lo expuesto en los párrafos anteriores, el objetivo de este trabajo consiste en determinar los tipos de componentes arbóreos y conocer la percepción y reconocimiento de los servicios ecosistémicos por parte de los productores que generan estos sistemas agroforestales del municipio de Rancho Arriba.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en el municipio de Rancho Arriba, uno de los tres que integran la provincia de San José de Ocoa, República Dominicana. Rancho Arriba se encuentra en el suroeste de la Cordillera Central y comparte la Sierra de Ocoa. Está situado en el paralelo 18°42'53"N de latitud y entre el meridiano 70°27'42" O. Tiene una superficie de 205.0 km², con 56.84 km² ocupados por áreas protegidas. Limita con las provincias Monseñor Nouel al norte, San Cristóbal al este, el municipio cabecera San José de Ocoa al sur y La Vega al oeste. Tiene temperaturas mínimas de 17.1°C y máximas de 30.0°C (ONE 2015, 2021). Su precipitación promedio anual es de 1878 mm, cuenta con una estación seca entre diciembre y abril y un periodo lluvioso que inicia en mayo y culmina en noviembre. Se caracteriza por tener elevaciones comprendidas entre los 600 a 1,000 m s.n.m, con una altitud media de 600 m s.n.m. (MIMARENA 2012).

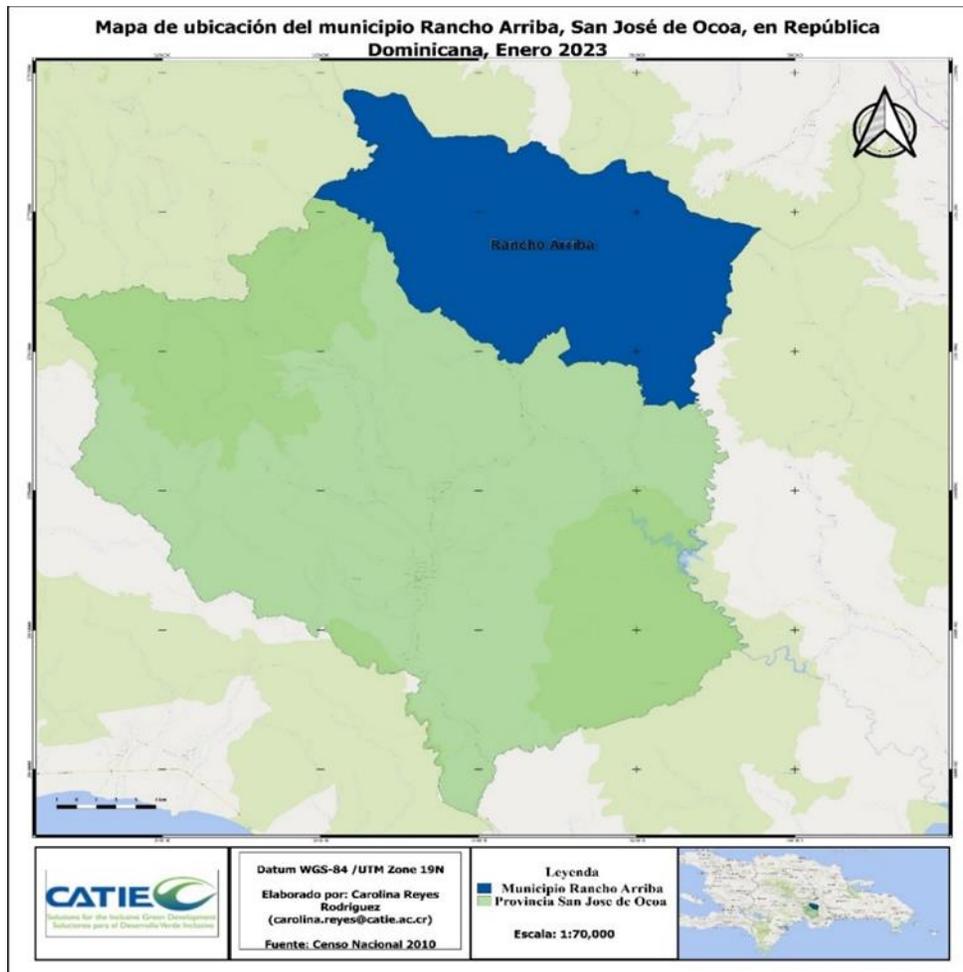


Figura 1. Mapa del municipio Rancho Arriba

2.2. Descripción de las variables del estudio para el trabajo en campo

El proceso de muestreo inició con una noción general de la zona de estudio, donde se realizaron recorridos con los técnicos de la oficina regional del INDOCAFE para conocer el paisaje cafetalero del municipio. Con base en lo anterior, se realizó una clasificación de la base de datos del listado de productores de café de la oficina regional del INDOCAFE y se decidió trabajar con productores del municipio de Rancho Arriba, con vías de acceso a las fincas los 365 años del día, con una extensión total del cafetal de 3 ha. Así se obtuvo una muestra más limitada con respecto a los productores establecidos en zonas muy escarpadas o zonas vulnerables. Se estudiaron 32 fincas y se entrevistaron a 32 productores, con un muestreo por selección, con recomendaciones de dos presidentes de las asociaciones cafetaleras y técnicos del municipio para lograr cumplir con las restricciones de acceso. Este tipo de muestreo es no probabilístico.

Se diseñaron formularios para los fines y en cada finca se anotó su información biofísica. Se estudiaron los doseles de sombra estableciendo parcelas temporales de 1000 m² (50m x 20m) (Orozco *et al.* 2005). Se efectuaron entrevistas semiestructuradas a los productores del municipio para recolectar datos sobre el reconocimiento de los servicios ecosistémicos.

Para la identificación de las especies arbóreas, se llevó a cabo de manera visual con el apoyo de los caficultores y mediante consulta bibliográfica. Se tomaron en cuenta las especies que tenían un DAP (diámetro a la altura del pecho) superior a los 10 cm y se identificaron taxonómicamente, con nombre común, nombre científico, familia y género. Por su parte, la estratificación vertical se definió midiendo la altura de estas especies en las parcelas temporales en cada finca evaluada, utilizando la aplicación Clinómetro Forestal, con la cual se obtuvo el resultado de altura total, midiendo desde la base del árbol hasta el ápice. Asimismo, para medir el DAP, se tomó el dato CAP (circunferencia a la altura del pecho) con un centímetro, y se transformaron los datos a DAP con la siguiente fórmula:

$$DAP = CAP/\pi.$$

Esta información recolectada se registró en una base de datos usando Microsoft Excel para organizar los datos de campo y las entrevistas. Se procesaron los datos de campo utilizando la herramienta estadística Infostat (Di Rienzo *et al.* 2011).

Los grupos se definieron a través del análisis de conglomerados. La disimilitud de los SAFC se representó mediante distancias Gower. Esta medida de similaridad combina la distancia Euclídea (se aplica a variables cuantitativas) y la similitud de Jaccard (se aplica a variables cualitativas). Además, se aplicó el método de varianza mínima de Ward para el proceso de aglomeración.

Por último, mediante ANOVA, se analizaron las diferencias de medias con la prueba DGC entre las riquezas y la cobertura de la copa de cada grupo o tipología. Para las variables cuantitativas, se elaboraron tablas de contingencia para resumir las frecuencias de las variables.

3. Resultados y discusión

3.1 Descripción del área de estudio municipio de Rancho Arriba

Dentro del municipio de Rancho Arriba, se visitaron 12 comunidades y un total de 32 productores. Los SAFC evaluados se ubicaron entre un rango altitudinal de 640 a 1026 m s. n. m., con pendientes del 2- 40 %. Se cultivan en las fincas ocho variedades de café, de las cuales las más frecuentes son: CR-95 (51 %), Caturra (15 %) y Tupí (10 %). Las edades de los productores de café con sistemas agroforestales de Rancho Arriba van de los 40 a 82 años, de los cuales el 91 % de los productores entrevistados son hombres y un 9 % es ocupado por mujeres. Estos productores están organizados en distintas asociaciones de caficultores. El tamaño de fincas varió entre 0,3 y 3 ha, con un promedio de 1,6 ha. Estas parcelas generalmente son heredadas como propiedad familiar.

El 41 % de la población no reside en las fincas a pesar de ser productores pequeños. Algunos de estos tienen otros oficios o tienen negocios en el pueblo. El 38 % reside en las fincas y el 7 % vive en zonas cercanas, con algunos 100-300 metros aproximados de distancia entre la casa y la finca.

3.1.1 Cobertura y usos del suelo

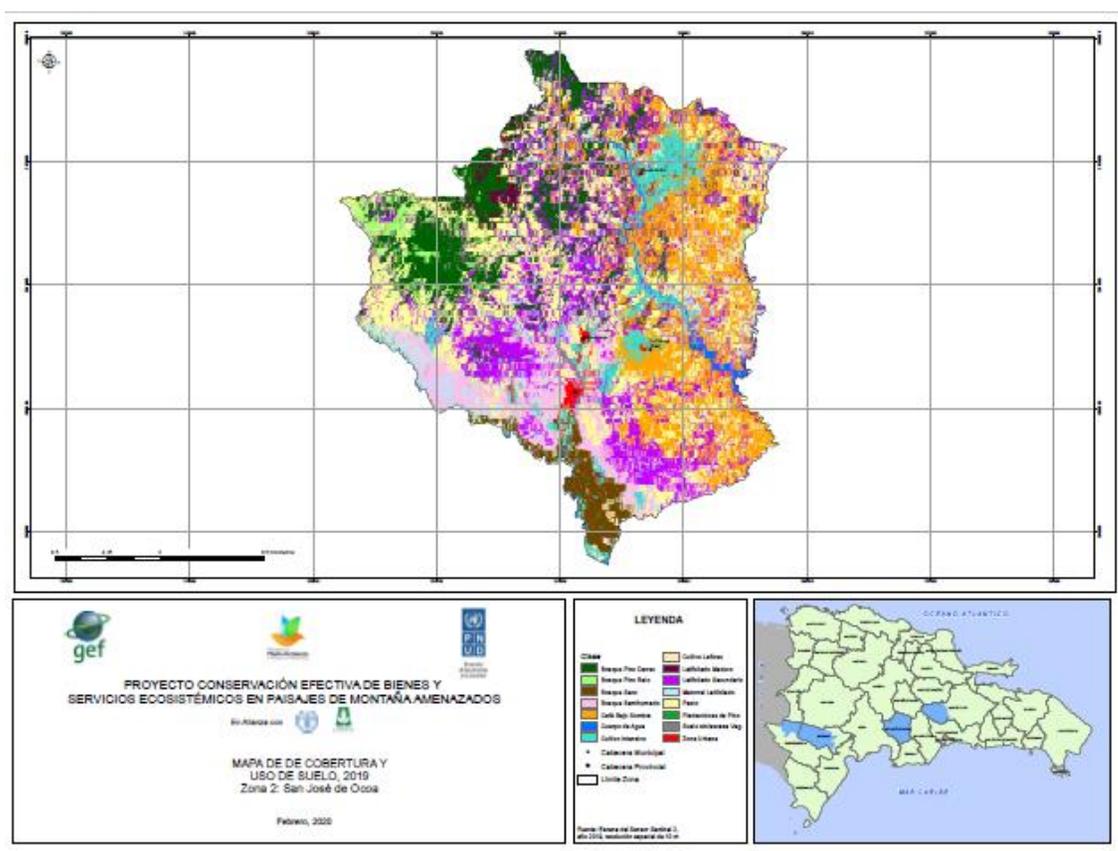


Figura 2. Mapa de cobertura y uso de suelo, 2015

Fuente: bpp.org.do

Dentro de los 205.0 km² de superficie total del municipio, 92.33 km² son de bosque nativo; 31.88 km² son de plantaciones forestales; 21.33 km² son de uso agrícola; 1.44 km² corresponden a matorrales; 57.27 km² son de pastos; 0.52 km² son de uso urbano; y 0.16 km² corresponden a cuerpos de agua o humedales (MMARN 2022).

3.1.2 Áreas protegidas San José de Ocoa

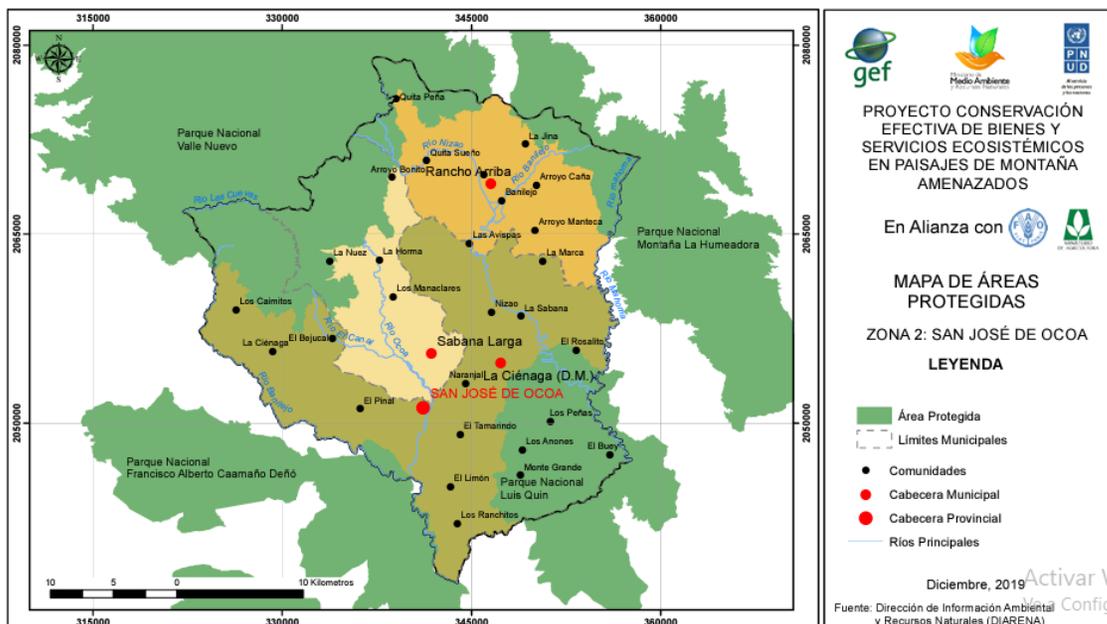


Figura 3. Mapa de áreas protegidas, 2019

Fuente: bpp.org.do

El Parque Nacional Valle Nuevo, ubicado en el mismo centro geográfico de la República Dominicana, cuenta con vegetación de sabana alta muy exclusiva, en la cual alberga coníferas como el pino criollo (*Pinus occidentalis*) y la sabina (*Juniperus gracilior*) (MMARN 2022).

Con respecto a la flora, se registran 531 especies de plantas, incluidas 138 especies endémicas de La Hispaniola. En esta zona, se reportan varios tipos de vegetación con variantes locales, de acuerdo con gradientes ambientales: topografía, geología, altitud y temperatura. Sin embargo, estas áreas protegidas sufren amenazas, como la eliminación y la fragmentación de los bosques para la agricultura extensiva, la alteración del régimen natural del fuego, la contaminación de los suelos, entre otras (MMARN 2022).

En el Parque Nacional Montaña La Humeadora, se destacan sus servicios hídricos, los cuales derivan de las corrientes que nacen en su territorio. La flora de este parque está representada por 705 especies de plantas vasculares. Se destaca el servicio ecosistémico hídrico y, aunado a esto, el área también ha sido incluida como Importante para la Conservación de Aves (MMARN 2022).

4. Especies arbóreas que caracterizan el paisaje cafetalero (estructura de los SAFC) y sus tipos

4.1. Estructura de los SAFC

4.1.1. Tipología de cobertura arbórea de fincas cafetaleras pequeñas

Se identificaron tres tipos de cobertura arbórea (figura 4). Las variables que contribuyeron a la creación de estos tipos fueron: riqueza de especies, suma total de la copa de los árboles y perfil vertical y horizontal de las fincas.

Los tres tipos o grupos de fincas identificadas mediante el análisis de conglomerados son:

1. fincas pequeñas con cobertura mixta con presencia de maderables
2. fincas pequeñas con cobertura predominante de árboles de servicio y frutales
3. fincas pequeñas con cobertura mixta sin maderables

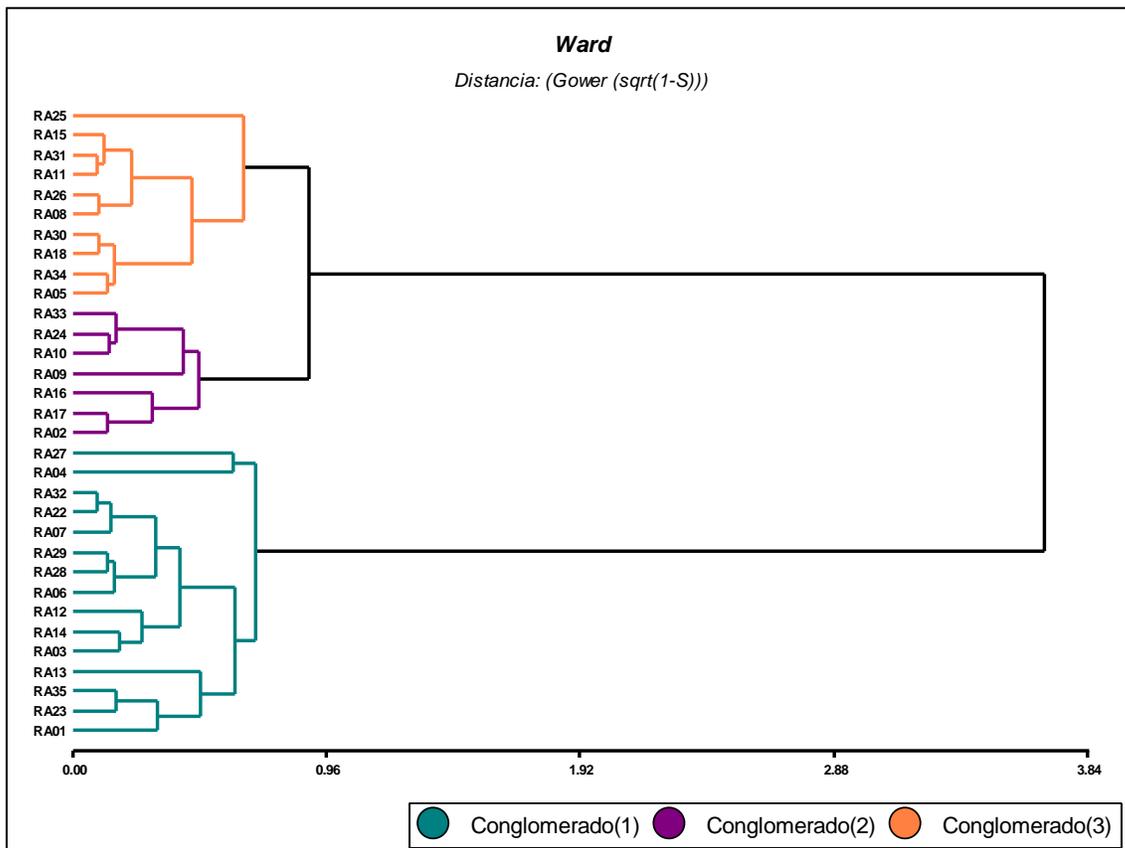


Figura 4. Dendrograma de los tres tipos de cobertura arbórea de fincas cafetaleras de Rancho Arriba, San José de Ocoa, República Dominicana

Fuente: obtenido del análisis de conglomerados.

1. Fincas pequeñas con cobertura mixta con presencia de maderables

Estas fincas se componen por tener una predominancia en la cobertura arbórea de maderables y diferentes frutales, con una alta densidad de musáceas, representadas en un total de 15 familias. Este tipo presenta la mayor cantidad de árboles de servicio que los otros dos tipos.

2. Fincas pequeñas con cobertura predominante de árboles de servicio y frutales

Poseen una densidad media de musáceas, con una sombra predominante de árboles de servicio y frutales. Es el tipo con mayor cantidad de frutales. Estos grupos están compuestos por 16 familias de especies arbóreas.

3. Fincas pequeñas con cobertura mixta sin maderables

Estas fincas pequeñas tienen una cobertura mixta, entre árboles de servicio, frutales y musáceas. Es el tipo con menor cantidad de densidad de musáceas, con un total de 12 familias de especies arbóreas.

Los procesos multivariados a los que se sometieron los datos produjeron tres tipos de cobertura arbórea en las fincas, donde las variables con más peso que mejor explican los grupos son la riqueza de especies por finca y la cobertura de la copa de los árboles (tabla 1): C1) sistemas agroforestales con riqueza media y cobertura de copa abundante; C2) sistemas agroforestales con riqueza alta y cobertura de copa abundante; y C3) sistemas agroforestales con riqueza baja y cobertura de copa baja.

4.2 Especies predominantes en las diferentes fincas

1. Fincas pequeñas con cobertura mixta con presencia de maderables

Tabla 1. Especies maderables predominantes en C1 que no se encuentran en los otros grupos

Nombre común	Especie
Corazón de paloma	<i>Colubrina arborescens</i>
Sabina	<i>Juniperus gracilior</i> L.
Cabirma	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer
Gravilea	<i>Gravilea</i> spp.
Caoba	<i>Roystonea regia</i> O.F. Cook
Eucalipto	<i>Eucalyptus</i> spp.
Cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.

2. Fincas pequeñas con cobertura predominante de árboles de servicio y frutales

Tabla 2. Especies que predominan en C2

Nombre común	Especie
Macadamia	<i>Macadamia integrifolia</i>
Limón, mandarina, naranja	<i>Citrus</i> spp.
Zapote	<i>Pouteria sapota</i>
Jaca	<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.
Guama	<i>Inga</i> spp.
Aguacate	<i>Persea americana</i>
Cereza	<i>Eugenia uniflora</i> L.

3. Fincas pequeñas con cobertura mixta sin maderables

Tabla 3. Especies que predominan en C3

Nombre común	Especie
Limón, naranja	<i>Citrus spp.</i>
Guama	<i>Inga spp.</i>
Zapote	<i>Pouteria sapota</i>
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>
Manzana de agua	<i>Syzygium malaccense</i>

Tabla 4. Características que describen los tipos de SAFC pequeñas y su cobertura

Variables	F-value	P-value	Grupos		
			C1	C2	C3
Riqueza	10.36	0.0004	8.80 ± 1.13 B	14.71 ± 2.11 A	5.40 ± 0.73 C
Suma cobertura de copa	4.79	0.0159	155.56 ± 32.51 A	169.41 ± 41.83 A	76.0 ± 8.96 B

4.1.2. Asociación de los tipos y su cobertura arbórea

C1: El conglomerado n.º 1 está formado por fincas pequeñas con cobertura de árboles mixta con presencia de maderables. Estos presentan sistemas agroforestales con riqueza media (tabla 2) y cobertura de copa abundante.

C2: El conglomerado n.º2 consta de fincas pequeñas con cobertura de árboles de servicio y frutales, con predominancia de árboles de servicio. En estos se evidencia una riqueza alta y cobertura de copa abundante.

C3: El conglomerado n.º 3 se constituye de fincas pequeñas con cobertura mixta sin maderables. Estos se componen de tener una riqueza baja y cobertura de copa baja.

Tabla 5. Prueba de asociación estadístico chi cuadrado para las variables de perfil vertical y horizontal según grupo

Variable	Chi-cuadrado	P-value	Frecuencias absolutas para presencia (sí) - ausencia (no) según grupo					
			1		2		3	
			Sí	No	Sí	No	Sí	No
DMU	2.4	0.3015	15	0	7	0	9	0
DAS	1.55	0.4602	14	1	7	0	10	0
DAF	1.55	0.4602	14	1	7	0	10	0
DMA	44.24	0.0001	15	0	0	7	0	10
DAD	3.04	0.2187	15	0	7	0	10	0

Variabes: dosel con presencia de musáceas (DMU); dosel con presencia de árboles de servicio (DAS); dosel con presencia de árboles frutales (DAF); dosel con presencia de árboles maderables (DMA); diseño agroforestal: árboles dispersos (DAD). Frecuencias absolutas: presencia (sí) – ausencia (no).

Las variables que se utilizaron para esta prueba de asociación fueron los componentes de los perfiles vertical y horizontal. La presencia o ausencia de los componentes principales en el perfil vertical fueron claves para la determinación de los componentes que predominan en las fincas. El perfil horizontal se compone de árboles dispersos como diseño agroforestal en las fincas evaluadas. Estos productores establecen sus parcelas donde estos árboles preexistían. De acuerdo con decisiones personales, se modifica el dosel de sombra para fines de autoconsumo familiar y venta local de los productos.

La presencia o ausencia de los componentes arbóreos en las fincas permitieron diferenciar la predominancia en el tipo de cobertura del conglomerado 1 y 2, en el cual no son estadísticamente diferentes; sin embargo, el conglomerado 1 mostró diferencias significativas con un P-valor de 0.001 (<0.05) para la variable de dosel de sombra con árboles maderables. Las otras variables no mostraron diferencias significativas (P>0.05). La predominancia en este grupo (C1) de árboles maderables es lo que hace diferentes a ambos grupos.

4.1.3 Diversidad de especies arbóreas

Se contabilizaron 830 árboles (tabla 3), los cuales representan 38 especies y 24 familias de la zona de estudio de Rancho Arriba. De ellos, 12 géneros pertenecen a especies introducidas, 16 géneros a especies nativas y un género a una especie endémica. La familia musácea contenía el 70 % de las especies entre parcelas por la alta densidad en estos cafetales evaluados.

Tabla 6. Especies arbóreas en los sistemas agroforestales con café en el municipio de Rancho Arriba

Nombre científico	Nombre común en RD	Familia	Número de árboles
<i>Acacia mangium</i> Mill.	Acacia	<i>Fabaceae</i>	4
<i>Annona reticulata</i> L.	Mamón	<i>Annonaceae</i>	1
<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	Jaca	<i>Moraceae</i>	1
<i>Bunchosia glandulosa</i> DC.	Cabrita	<i>Malpighiaceae</i>	4
<i>Carica papaya</i> L.	Lechosa	<i>Caricaceae</i>	1
<i>Cecropia</i> spp.	Yagrumo	<i>Urticaceae</i>	6
<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	<i>Meliaceae</i>	2
<i>Citharexylum fruticosum</i> L.	Penda blanca	<i>Verbenaceae</i>	1
<i>Citrus x latifolia</i>	Limón persa	<i>Rutaceae</i>	9
<i>Citrus x paradisi</i>	Toronja/pomelo	<i>Rutaceae</i>	9
<i>Citrus aurantium</i> L.	Naranja agria	<i>Rutaceae</i>	27
<i>Citrus reticulata</i>	Mandarina	<i>Rutaceae</i>	3
<i>Citrus</i> spp.	Limón de vaca	<i>Rutaceae</i>	6
<i>Citrus</i> spp.	Limón dulce	<i>Rutaceae</i>	30
<i>Citrus x sinensis</i> (L.) Osbeck	Naranja dulce	<i>Rutaceae</i>	1

<i>Colubrina arborescens</i> (Mill) Sarg.	Corazón de paloma	<i>Rhamnaceae</i>	1
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Capa prieto	<i>Boraginaceae</i>	1
<i>Eucalyptus</i> spp.	Eucalipto	<i>Myrtaceae</i>	1
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Cereza	<i>Myrtaceae</i>	1
<i>Gmelina arborea</i> L.	Melina	<i>Lamiaceae</i>	3
<i>Gravillea</i> spp.	Gravilea	<i>Proteaceae</i>	13
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Cabirma	<i>Meliaceae</i>	12
<i>Inga</i> spp.	Guama	<i>Fabaceae</i>	87
<i>Juniperus gracilior</i> L.	Sabina	<i>Cupressaceae</i>	7
<i>Macadamia integrifolia</i> Maiden & Betche	Macadamia	<i>Proteaceae</i>	3
<i>Mangifera indica</i> L.	Mango	<i>Anacardiaceae</i>	1
<i>Miconia mirabilis</i> (Aubl.) L.O. Williams	Tres filos	<i>Melastomataceae</i>	2
<i>Musa x paradisiaca</i>	Plátano	<i>Musaceae</i>	10
<i>Musa sapientum</i> L.	Guineo	<i>Musaceae</i>	552
no identificado	Palma	<i>Arecaceae</i>	1
no identificado	Palo de rey	<i>no identificado</i>	3
<i>Ocotea floribunda</i> (Sw.) Mez	Cigua prieta	<i>Lauraceae</i>	3
<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate	<i>Lauraceae</i>	36
<i>Piper auritum</i> Kunth	Anisillo	<i>Piperaceae</i>	1
<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H.E. Moore & Stearn	Zapote	<i>Sapotaceae</i>	7
<i>Psidium guajava</i> L.	Guayaba	<i>Myrtaceae</i>	2
<i>Roystonea regia</i> O.F. Cook	Palma real	<i>Arecaceae</i>	3
<i>Spondias dulcis</i> G. Forst.	Manzana de oro	<i>Anacardiaceae</i>	1
<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & L.M. Perry	Manzana de agua	<i>Myrtaceae</i>	2
<i>Theobroma cacao</i> L.	Cacao	<i>Malvaceae</i>	1
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Memiso	<i>Cannabaceae</i>	1

Las especies más abundantes fueron *Musa sapientum* (guineo/banano), *Inga* spp. (leña), *Citrus* spp. (limón, naranja dulce, naranja agria) y *Persea americana* (aguacate). La presencia de las musáceas es notable en las fincas pequeñas del municipio. Quiere decir que el dosel de sombra de fincas pequeñas de los sistemas agroforestales con café del municipio de Rancho Arriba es diverso.

Se evidencia que las especies de sombra de mayor alcance para el caso de estas fincas pequeñas son el banano, la naranja agria y el aguacate. No obstante, la presencia de las especies de banano en la región de Rancho Arriba es predominante en las fincas. Esta especie tiene gran valor económico, ya que se traduce en un ingreso que se recibe durante todo el año. Este producto es comercializado en la localidad y otros lugares del municipio; también tiene alcance de venta en provincias aledañas.

Los SAF pueden proporcionar diversos servicios ecosistémicos: los árboles de sombra tienen esta capacidad (Villarreyna *et al.*, 2020). Las diferentes especies identificadas presentan atributos que pueden ser positivos y unos cuantos no tan positivos. Aun así, en los SAF de Rancho Arriba, los productores perciben los beneficios.

Estos SAF han ido sufriendo cambios en la composición arbórea a través del tiempo, como, por ejemplo, el reemplazo de árboles de servicio o maderables, por especies frutales que dan al productor beneficio económico. En este estudio, los productores entrevistados no consideran sacar el mismo provecho a los árboles maderables como a los frutales.

4.1.4 Influencia de la pendiente en los tipos de fincas

Tabla 7. Influencia de la pendiente en los tipos de fincas

Variables	F-Value	P-Value
Rango de pendiente	1.45	0.2450

Se sometieron los rangos de pendiente de las fincas a ANOVA y se determinó con un P-valor > 0.05 que no es estadísticamente significativo en la formación de los tipos de fincas. La muestra evaluada tuvo poca representación de la pendiente. Las fincas se encontraban en un rango bastante variable, desde el 2 % hasta el 40 % de pendiente. Los productores sí mencionaron que, para proteger el suelo de fincas con pendientes muy pronunciadas, mantienen la cobertura arbórea con diferentes especies, como árboles frutales, árboles de servicio o maderables y musáceas; así evitan deslizamiento o erosión en las parcelas. En pocas palabras, la cobertura arbórea disminuye la vulnerabilidad de las parcelas.

5. Características de la sombra generada por los árboles

Se han identificado seis familias que componen el dosel de sombra en los SAF de Rancho Arriba (figura 5). El 70.8 % lo ocupan las musáceas. Resulta evidente que en los SAF evaluados revelan alta densidad de bananos. También, con un 11.4 % se encuentran las fabáceas. Son reconocidas entre los productores por el aporte a la mejora del suelo, una cobertura de hojas periódica y su uso principal como leña para cocinar. Con un 9.7 %, están las rutáceas; con un 4.6 %, las lauráceas; con un 1.8 %, las meliáceas; y con un 1.3 %, las proteáceas.

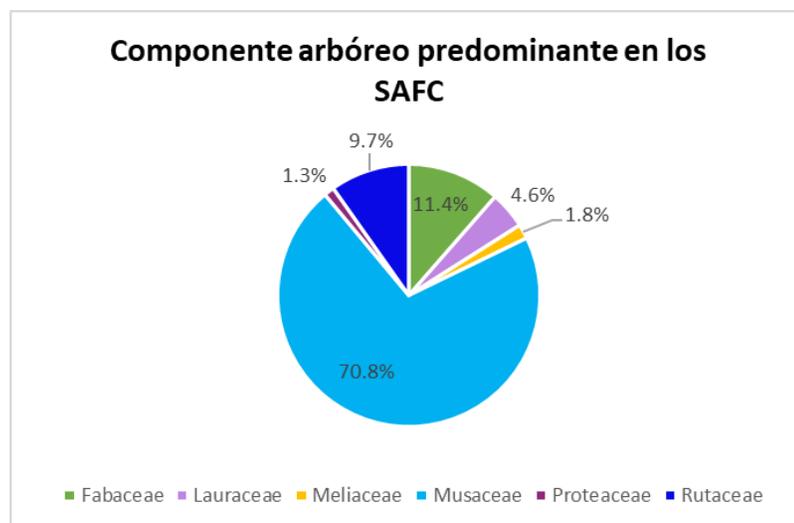


Figura 5. Componente arbóreo predominante en los SAFC

Igualmente, dentro de estas seis familias se encuentran 14 géneros y 16 especies, con un total de 714 individuos. La altura promedio fue de 11.25 m de los árboles que fueron evaluados dentro de las parcelas temporales en las fincas.

5.1.1 Diseño agroforestal

Los SAFC estudiados no tienen un diseño agroforestal definido. En general, se caracterizan por la presencia de árboles dispersos y los productores los aprovechan como sombra permanente y temporal del café.

Asimismo, estos agricultores tienden a sustituir los árboles de servicio o maderables. Es frecuente el uso de especies que brinden un beneficio económico y una disminución en las especies arbóreas leguminosas que proveen beneficios no económicos, pero que sí proveen una amplia variedad de servicios para la conservación de los ecosistemas de montañas.

La mayor parte de los productores expresó que no se dedica a la comercialización de los árboles maderables de sus fincas por la falta de gestión de permisos ambientales para autorizar el corte y la comercialización. Mientras tanto, algunos utilizan algunas especies para crear artesanías, como sillas y mesas. Los productores no consideran las especies maderables como una fuente de ingreso igual que los frutales.

5.1.2 Estratificación vertical del componente arbóreo

En los SAFC estudiados, se encontraron dos estratos por cada tipo de conglomerado identificado con las especies predominantes. En el caso del C1 (figura 4), se determinan: el estrato superior dominado por maderables como *Gravillea spp.*, *Guarea guidonia*, *Ocotea floribunda*, *Inga spp* (15- 28 m) y el estrato inferior dominado por *Musa*, *Citrus sinensis* y *Citrus aurantium* (2-14 m). La altura promedio en el estrato bajo es de 7.34 m y un estrato alto promedio de 19.31 m. Dichas alturas iban entre 2 m y 28 m, estrato bajo y alto, respectivamente.

En el SAFC C2 (figura 4), el estrato superior dominado por especies frutales y de servicio, como *Inga spp.* y *Macadamia integrifolia* (10-30 m), y el estrato inferior dominado por *Musa spp.*,

Citrus sinensis, *Citrus aurantium*, *Citrus reticulata* y *Persea americana* (2 - 9 m). La altura promedio en el estrato bajo es de 5.57 m y estrato alto promedio de 17.32 m. Dichas alturas iban entre 2 m y 30 m, estrato bajo y alto, respectivamente.

En el caso de SAFC C3, al igual que los SAFC C2, el estrato bajo está dominado por *Musa spp.*, *Citrus sinensis*, *Citrus aurantium*, *Citrus reticulata* y *Persea americana* (2-10 m). El estrato superior es dominado por *Inga spp.* (12-33 m). El promedio de altura bajo es de 5.46 m y el promedio de estrato alto de 22.05 m. Las alturas iban de 2 m-33 m.

6. Factores más influyentes para la diversificación del dosel de sombra en el cafetal

La contribución al ingreso es la razón de más peso para diversificar la finca. Esto permite al productor obtener beneficios a lo largo del año, asociados a los períodos de cosecha de las diferentes plantas de sombra temporal y permanente (guineo, frutales y, en pocos casos, maderables). Esta diversificación de productos incrementa la seguridad alimentaria de estas familias con el ingreso permanente de las ventas de musáceas y para consumo. Las fincas pequeñas de café de la República Dominicana, al ser diversificadas con árboles frutales, pueden obtener mayores ingresos a corto y largo plazo. Es fundamental comprender el potencial económico del dosel de sombra con estas especies.

El banano es la especie con mayor densidad en los SAFC estudiados. Esto se debe al gran consumo de la población dominicana de este rubro; además, es de fácil manejo y comercialización.

6.1 Beneficio de árboles fijadores de nitrógeno

La familia fabácea es una de las preferidas entre los productores para sombra en el cafetal. Esta familia leguminosa arbórea es conocida entre los productores por los aportes en producción de biomasa y la mejora del suelo con la incorporación de materia orgánica. Los productores la consideran como protectora de las fuentes de agua. La planta ayuda a mejorar el microclima de las fincas por el desarrollo vegetativo.

Los productores, además, consideran que los residuos de las podas aportan fertilidad al cultivo de café. El 87 % de estos productores fertiliza una sola vez al año estos cafetales; el 13 % no fertiliza. Algunos productores logran fertilizar dos veces al año, pero, al ser una actividad costosa, dependen del capital que posean en ese momento.

6.2 Beneficio de los árboles frutales

Ya se ha mencionado cómo los productores eligen estos árboles frutales para obtener una producción alterna al café y para consumo familiar. En primer lugar, están los cítricos; les siguen el aguacate, el zapote, la macadamia y la guayaba. Algunos de estos no resultan significativos para producción y venta, como la guayaba, que la dejan para generar sombra, aunque muy poca.

Además de la comercialización del café, se benefician al menos una vez al año con el ingreso de la venta de las frutas. Las plantas de aguacate son jóvenes y todavía no producen una cantidad que pueda destinarse a la venta. El costo elevado de los fertilizantes es una de las

razones por las cuales no se obtiene una mayor producción en general. Además, los perjudican la incidencia de enfermedades y plagas y la falta de control de estas.

6.3 Árboles con uso energético

Los árboles de sombra en sistemas agroforestales sirven de fuente de madera y leña. Los usos de los árboles en estos sistemas agroforestales para el uso energético en forma de combustible para cocina son variados en el municipio de Rancho Arriba. Se encuentran: *Inga spp.*, *Guarea guidonia*, *Cordia alliodora*, *Gliricidia sepium* y *Ocotea coriácea*.

Sin embargo, los valores de consumo interno no son registrados por las familias, lo que dificulta calcular el consumo de leña por familia. Según el Censo Nacional de 2010 de República Dominicana, los hogares del municipio de Rancho Arriba reportaron un consumo de combustibles sólidos de un 52 % en los hogares. Precisa tomar en cuenta que la mayor parte de la población vive en las zonas rurales del territorio. Estos datos no han sido actualizados hasta la fecha.

Las familias obtienen la leña por recolección en los cafetales, cuando van al campo, o recolectan a pocos metros cuando viven muy cerca de las parcelas.

7. Variabilidad climática en Rancho Arriba

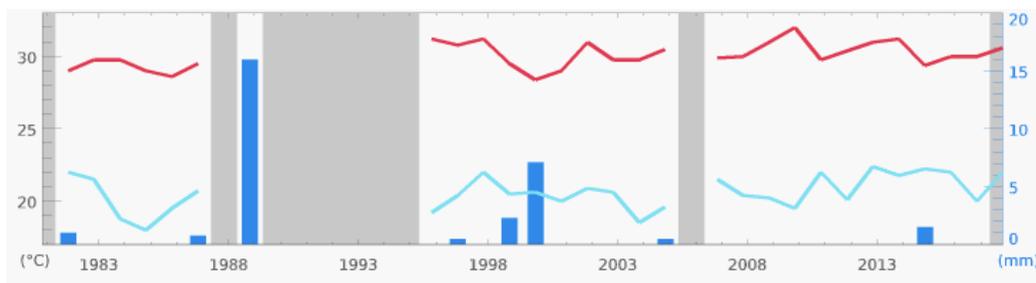


Figura 6. Temperatura máxima y mínima, precipitación en 29 años de Rancho Arriba

Leyenda: Barra azul: precipitación registrada Línea roja: temperatura máxima Línea azul: temperatura mínima.

Fuente: Meteoblue.

Dentro del período 1983 y 2013, se demuestra cómo los efectos del cambio climático han afectado las variaciones en las precipitaciones, cuya distribución disminuye en el año. Por igual, ocurre un incremento en las temperaturas máximas y mínimas. Ya en el período 2008-2013 las temperaturas han tenido alteraciones de aumento y disminución. Lo anterior constata cómo las variaciones afectan directamente la producción, debido a las oscilaciones en estos factores climáticos, lo cual afecta directamente en la floración, la producción de café y, en general, todo el ciclo.

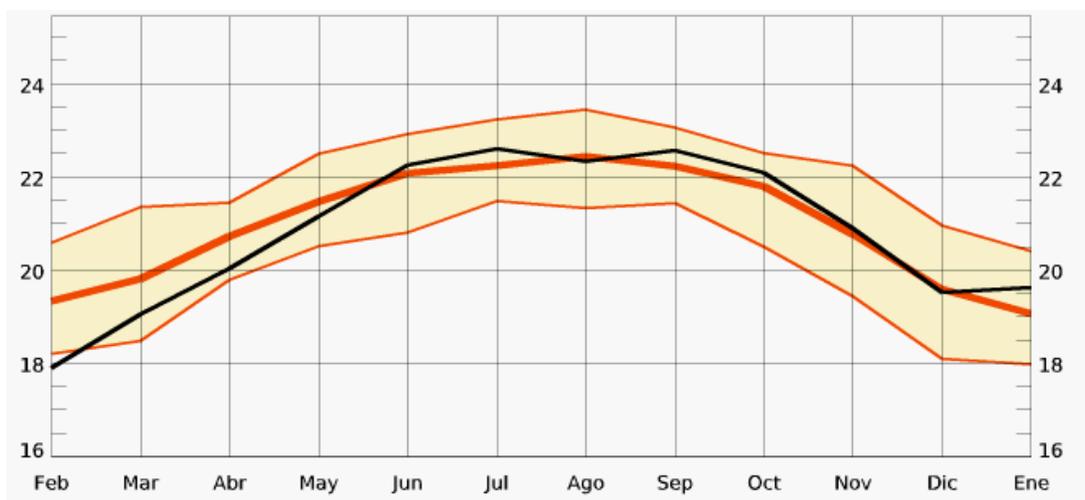


Figura 7. Últimos 12 meses y promedio de los últimos 30 años

Leyenda: Línea negra: temperatura 12 meses pasados 2023 Línea roja: temperatura media calculada de los últimos 30 años Franja naranja: variaciones de los últimos 30 años.

Fuente: Meteoblue.

La línea negra en el mes de febrero para 2023 presentó una temperatura media no esperada en la zona: sale del rango de la franja naranja. Cuanto más amplia sea la franja en relación con la línea roja más variaciones habrá entre los años. Las temperaturas registradas a partir de marzo del año pasado se adecuaron al clima típico de Rancho Arriba.

8. Reconocimiento de los servicios ecosistémicos generados por los SAF con café por los productores

El término servicios ecosistémicos es conocido solo por el 9 % de los entrevistados. Esto puede explicarse por el nivel educativo de estos productores. No obstante, el reconocimiento de los servicios y bienes no es limitado al término en sí. Estos productores reconocen y describen cómo pueden obtener y mantener la producción de algunos de estos servicios ecosistémicos.

Según la FAO (2022), los ecosistemas proporcionan cuatro tipos de servicios:

8.1.1 Servicios de provisión o abastecimiento

Son los beneficios materiales que las personas obtienen de los ecosistemas; por ejemplo, el suministro de alimentos, agua, fibras, madera y combustible.

8.1.2 Servicios de regulación

Se obtienen de la regulación de los procesos ecosistémicos, como la regulación de la calidad del aire, la fertilidad de los suelos, el control en las inundaciones y la polinización de los cultivos.

8.1.3 Servicios de soporte o apoyo

Son esenciales para la producción de todos los demás servicios ecosistémicos, ya que ofrecen espacios en los que viven las plantas y animales, de forma que permiten la diversidad de especies y mantienen la diversidad genética.

8.1.4 Servicios culturales

Son estos beneficios inmateriales que las personas obtienen de los ecosistemas; por ejemplo, ser fuente de inspiración, la identificación cultural y el bienestar espiritual.

El efecto de la sombra de los árboles sobre el cafetal es reconocido por los productores debido a los diferentes beneficios y servicios obtenidos de ella. Los productores identifican beneficios correspondientes a las siguientes categorías:

- servicios de aprovisionamiento: alimento para consumo familiar (frutas, miel, guineo, plátano), materia prima (madera para artesanías, madera para construcción o palos, como se conoce en RD), abastecimiento de agua dulce.
- servicios de regulación: regulación del microclima del cafetal, calidad de aire, protección contra eventos climáticos (como la sequía), prevención de erosión y deslizamientos, mantenimiento de la fertilidad del suelo (por la incorporación de la materia orgánica, restos de poda, hojas) y, no menos importante, polinización.
- servicios culturales: no fueron reconocidos o abordados por los productores.
- servicios de soporte: pueden reconocer el hábitat de las especies.

El reconocimiento de los servicios ecosistémicos que proveen los SAFC para los productores del área de estudio es amplio (figura 6). Los SE de provisión y regulación son los que tienen mayor mención entre los productores.



Figura 7. Servicios ecosistémicos reconocidos por los productores de Rancho Arriba

Los servicios ecosistémicos vinculados a la producción de café generan un poco de controversia, ya que las opiniones difieren entre los productores con respecto a la percepción de esto: un 56 % considera que la sombra incrementa la producción en el cultivo de café. Por su parte, el 9 % de los encuestados considera que el dosel de sombra en su cafetal no afecta la

producción. Un 28 % de los productores considera que tener árboles dentro de sus fincas disminuye la producción de café. Un 9% de estos productores considera que no es ninguno de los casos anteriormente mencionados, que el dosel de sombra en su finca mejora la calidad del llenado de café, aunque la producción es más baja que tener un cultivo a pleno sol, pero consideran que tener el cultivo de café a pleno sol implicaría una inversión mayor de dinero, y estos productores mayormente no cuentan con el recurso para implementar cambios drásticos en su cafetal.

9. Servicios ecosistémicos provistos por los SAF-café que perciben las familias productoras

9.1 Reconocimiento de los servicios de provisión o abastecimiento

Los productores obtienen bienes para alimentación, como el caso de guineo o plátano, y frutas que aportan a la seguridad alimentaria de las familias. En algunos casos, los productos adicionales al café son destinados para el consumo familiar y no a la comercialización de estos productos.

Dentro de algunas fincas, los productores tienen arroyos que atraviesan las fincas y reconocen el papel que desempeñan los árboles como protección de este recurso.

Los productos forestales no son tan populares entre los entrevistados. Estos árboles, aunque pueden generar un ingreso extra, en muchos casos no poseen los permisos adecuados para su aprovechamiento. Otros productores siembran especies maderables para crear artesanías.

9.2 Reconocimiento de los servicios de regulación

Dentro del reconocimiento de estos servicios, el más frecuente e importante fue el de polinización. Los insectos con más menciones como polinizadores fueron las abejas. También, se comentó el avistamiento de pájaros que cumplen con esta función. No se reconoció si los murciélagos logran este servicio por las horas de visita a la finca y se desconocen de forma general las funciones de este mamífero en el ecosistema.

Los productores perciben que la sombra de los árboles regula la carga fructífera en el café, incidiendo directamente en el cuajado del fruto. Algunos no reconocen que aumenta la producción (relacionado con los SE de provisión), pero prefieren la sombra porque permite que el grano cuaje y sea más homogénea toda la producción en la plantación.

El 22 % de los productores identifica como un beneficio de los árboles en sus SAFC la utilidad para evitar deslizamientos y la erosión. Es muy bien conocido el provecho de la capa vegetal que van creando los árboles con las podas. La caída de las hojas que crean *mulch* no solo cubre el suelo, sino que lo mejora, lo fertiliza, y con el alza de los precios de los fertilizantes es considerado como un amortiguador para la producción de café y los otros productos que se pueden obtener del SAF.

Solo el 2 % de los productores considera que los árboles reducen la escorrentía. Es posible que se asocie con la pendiente del terreno de la finca. Consideran que las raíces son como una red que sostiene el suelo.

Los productores están conscientes de que los árboles mejoran el microclima de las fincas y la calidad del aire. En comparación con la ciudad, comprenden que se respira aire fresco en las fincas gracias a ellos. Asimismo, advierten que, ante desastres naturales como son los períodos prolongados de sequía, los cafetales se mantienen de pie por los árboles que les brindan protección, sombra a la plantación de café.

9.3 Reconocimiento de servicios de soporte

El servicio ecosistémico de proveer hábitat para especies como aves genera cierta polémica entre los productores. Hay especies que perjudican al productor, como los carpinteros y los guaraguaos o gavián colirrojo que, según se dice, es un comedor de gallinas, pero se desconoce su excelente utilidad como agente de control de plagas. Este servicio fue percibido por un 88 % de los productores.

De las aves que habitan permanente o esporádicamente estos sistemas agroforestales se mencionaron: gavián, pájaro carpintero, perico, palomas y cotorras.

10. Servicios ecosistémicos no percibidos por los productores que proveen los SAF-café

Los servicios ecosistémicos culturales no fueron abordados en esta investigación. No obstante, los productores advirtieron el estado de tranquilidad que sentían estar en la finca. Estos servicios culturales constituyen los beneficios inmateriales que se reciben del ecosistema, pero estos SAFC en República Dominicana no están ligados a valores religiosos o espirituales o valores estéticos.

Aun así, estos SAFC sí conforman el medio de aprendizaje de los productores, técnicos, estudiantes involucrados de una u otra forma con este rubro.

El ciclaje de nutrientes y el secuestro de carbono son servicios que no fueron mencionados por los productores. Como estos servicios implican una complejidad en el entendimiento y generalmente se valoran de forma cuantitativa, no se abordaron de forma directa con los productores.

11. Servicios ecosistémicos más valorados por las familias de la zona de estudio

Para los productores de la zona de Rancho Arriba, los servicios ecosistémicos que son más valorados son los servicios de provisión, por los bienes que obtienen directamente de la venta de los productos, al uso en la alimentación y combustible en la cocina.

Asimismo, estos productores valoran la sombra que proveen los árboles por la calidad y llenado de café que obtienen, pues, aunque el proceso de llenado es más lento, obtienen un grano más homogéneo.

Consideran de gran valor la protección que le dan los árboles al cultivo frente a condiciones adversas como sequías. Los productores aseguran reconocer la conservación de humedad dentro de los sistemas y que los árboles han ayudado a sus cafetales a mantenerse en el tiempo aún con períodos largos de sequía.

Los productores que tienen riachuelos y arroyos dentro de las parcelas o zonas muy cercanas están conscientes de que la conservación de este SE depende de la cobertura arbórea y han

sido capacitados por diferentes proyectos (INDOCAFE, Floresta, BPP) cuyo fin consiste en proteger la biodiversidad y los recursos naturales.

11.1 Identificación de los servicios ecosistémicos más importantes en el municipio

De acuerdo con el análisis de la percepción de los agricultores, se determinó que los servicios ecosistémicos más importantes de los cafetales bajo sombra son: en primer lugar, el suministro de otros productos principalmente comestibles; en segundo lugar, el servicio hídrico; en tercer lugar, el servicio de polinización; en cuarto lugar, la mejora del suelo; y en quinto lugar, la conservación del hábitat. Como puede observarse, claramente los productores perciben la relación directa en la conservación de los SAFC con los servicios de regulación, soporte y provisión.

12. Prácticas de manejo de árboles para la conservación de los servicios ecosistémicos en los sistemas agroforestales con café que realizan las familias

En lo que hace a la gestión de prácticas que conserven árboles, los productores informaron que estas están orientadas con el propósito para obtener beneficio económico. Por tal motivo, los pequeños productores van modificando la estructura de los SAFC constantemente. Como fue mencionado anteriormente, la mayor parte de los productores utilizaron como sombra especies preexistentes en la finca, acomodando el establecimiento del cafetal entre las plantas distribuidas para aprovechar estos árboles, como es el caso de la guama y algunos maderables.

En cuanto las actividades de manejo para conservar los árboles y los bienes y servicios, estas dependen de las necesidades en las fincas, ya sea de un espacio para la entrada de sombra y que no se realice alguna actividad. El panorama anterior lo retrataron pocos productores, mientras que el mayor número indicó que resembran otras especies, las más populares son musa y los cítricos.

En general, las prácticas de conservación y manejo en todos los SAFC estudiados es baja. Las prácticas de fertilización, poda, manejo de tejido y enmienda son muy pocas para la demanda del cultivo de café. Esto se considera sistemas tradicionales por la diversidad de especies y escaso manejo.

13. Discusión

Varios estudios coinciden en usar el análisis de conglomerado como técnica estadística para obtener tipologías, pero utilizando características similares y diferentes enfoques en los sistemas agroforestales con café (Llanderal y Somarriba 1999; López *et al.* 2003; Zúñiga *et al.* 2004; Orozco *et al.* 2005; Somarriba *et al.* 2021). Se obtuvieron alrededor de 3 a 5 grupos por estudio. Se destaca que las variables utilizadas dependían del autor y las condiciones de sitio.

Las especies predominantes en este estudio coinciden con Somarriba *et al.* 2021, los sistemas agroforestales de café a nivel nacional en República Dominicana muestran un tipo de dosel de sombra del tipo café-guama-guineo-frutales, con la producción destinada a la venta y autoconsumo. Estos productos abastecen la cadena de productos locales. Varios estudios evidencian que el productor de finca pequeña tiene una alta densidad de musáceas como sombra en sus fincas, al igual que baja riqueza de especies (Zúñiga *et al.* 2004; Tapia, 2020).

Algunos estudios en África (Demie *et al.* 2023) demuestran que la composición en la diversidad de especies se ve afectada por variables socioeconómicas y ecológicas, como el tamaño de la

finca, estatus económico, elevación y pendiente. En cambio, en este estudio, la pendiente no mostró diferencias significativas en las tipologías. Por su parte, en Nicaragua, López *et al.* (2003) y, en Costa Rica, Orozco *et al.* (2005) estudiaron diferentes cafetales y coinciden en que los pequeños productores se dedican a otros cultivos además del café, mayormente para el autoconsumo familiar y la venta de los productos. Esto comprueba que la composición de especies arbóreas en productores de pequeñas fincas es manejada para asegurar el ingreso, el autoconsumo y, en definitiva, la seguridad alimentaria familiar.

Demie *et al.* (2023) en diferentes sistemas agroforestales en Etiopía determinaron que la familia *Fabaceae* contenía el mayor porcentaje de las especies reportadas. Al igual que Somarriba *et al.* (2021), el mayor porcentaje lo ocupa la familia *Fabaceae*. Pareciera que a nivel de municipio y provincia sí hay diferencias en la predominancia de las especies de sombra. Esto podría explicarse por las preferencias del productor, el nivel tecnológico que tengan en las fincas, el tamaño, las condiciones climáticas y biofísicas de la finca. Otro factor por considerar es que las fincas evaluadas en este estudio son pequeñas, de menos de 3 ha de extensión total.

Según CEPAL *et al.* (2018) y Ramírez y Cerda (2021), al igual que en las fincas estudiadas, se observa diversidad en la estructura de especies de sombra con los métodos tradicionales de producción, tal como lo señalan Escalante y Somarriba (2001). Estos métodos integrados de SAF ayudan a que los ingresos de estos agricultores no solo provengan del café, sino también de los productos agroforestales del dosel de sombra. Describen la estructura que presentan estos sistemas como diversa, donde los estratos están conformados por muchas especies de sombra, en comparación con otros sistemas más tecnificados.

A pesar de su pequeño tamaño, la riqueza del SAFC es elevada comparada con otros SAF de gran y medio tamaño, donde coinciden con estudios realizados por Sathish *et al.* (2022). En estos, se realizan comparaciones con fincas grandes, medianas y exponen un nivel bajo de riqueza. No así con los resultados obtenidos por Zúñiga *et al.* (2004) y Escalante y Somarriba (2001), pero sí con los resultados de Bonilla y Somarriba (2000), donde hay coincidencia con las fincas más diversificadas y con baja intensidad de manejo.

Gracias a la riqueza de especies en los SAFC, además de generar grandes ingresos para los agricultores, son considerados una herramienta para preservar la biodiversidad y, de acuerdo con su manejo, ofrecen una combinación de bienes y servicios ecosistémicos (Muschler 1999; Sosa *et al.* 2020). Por tanto, la calidad de estos servicios es primordial para la protección de la economía y la sociedad. La percepción de estos juega un rol fundamental para su conservación (Pérez *et al.* 2006).

En cuanto a la percepción de los agricultores sobre los servicios ecosistémicos que reciben del sistema agroforestal con café, la mayoría percibe la influencia del dosel de sombra en la conservación de la humedad del suelo, protección ante eventos climáticos extremos, como sequías, la captación de agua. Aunado a esto, identifican otros beneficios, como la obtención de productos alimenticios y maderables, y en el control de erosión y mejora del suelo por la incorporación de residuos de poda. Estos resultados coinciden con los que se han encontrado estudiando los servicios ambientales que proveen los SAF (Beer y Harvey 2003).

El reconocimiento de los beneficios de la combinación de árboles y el cultivo de café aun teniendo pocas especies y con cambios en la composición evidencia un incremento en la provisión de servicios ecosistémicos, como lo considera Meylan *et al.* (2017), que, aun en manejo intensivo del cultivo de café, es posible determinar los servicios mencionados antes,

además de la conservación de la biodiversidad sin necesidad de perjudicar la producción de café.

14. Conclusiones

Las asociaciones arbóreas en Rancho Arriba generaron tres tipos de dosel de sombra en fincas cafetaleras: 1) fincas pequeñas con cobertura mixta con presencia de maderables; 2) fincas pequeñas con cobertura predominante de árboles de servicio y frutales; y 3) fincas pequeñas con cobertura mixta sin maderables. Cabe destacar que la pendiente no es un elemento que tenga influencia en estos grupos.

La percepción del productor de café sobre los servicios ecosistémicos con sistemas agroforestales es amplia. Se resalta el conocimiento de la importancia de los árboles en las cercanías de las fuentes de agua, la polinización, la conservación de suelo y la producción de alimento. Este conocimiento ayudará en la toma de decisión para el manejo de los SAFC, para mejorar y generar un mejor diseño. Una limitante para lograr esto es el ingreso de estos productores para invertir.

Las fincas pequeñas evaluadas no solo se dedican a la producción de café, sino también a la producción de diversos productos para la venta y consumo familiar, lo cual hace a estos sistemas más diversos, con una producción constante todo el año y un ingreso que no depende solamente del café. También, estas fincas son las menos tecnificadas.

Con base en la percepción de los productores, en futuras investigaciones se sugiere comparar la valoración de estos, y cuantificar el potencial de provisión de los servicios, incluidos otros productores con SAF de diferentes tamaños de finca.

Referencias

- Beer, J; Harvey, CA. 2003. Servicios ambientales de los sistemas agroforestales (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/228916276>.
- Bonilla, G; Somarriba, EJ. 2000. Tipologías cafetaleras del Pacífico de Nicaragua (en línea). *Agroforestería en las Américas* 7(26):27-29. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/324172801>.
- CEPAL; INDOCAFE; CNCCMDL. 2018. Publicaciones de la CEPAL (en línea). s.l., s.e. Disponible en www.cepal.org/es/suscripciones.
- Costanza, R. 2000. Social goals and the valuation of ecosystem services. *Ecosystems* 3:4-10. DOI: <https://doi.org/10.1007/s100210000002>.
- Demie, G; Negash, M; Asrat, Z; Bohdan, L. 2023. Perennial plant species composition and diversity in relation to socioecological variables and agroforestry practices in central Ethiopia. *Agroforestry Systems*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-023-00924-1>.
- Escalante, M; Somarriba, EJ. 2001. Diseño y manejo de los cafetales del Occidente de El Salvador (en línea). *Agroforestería en las Américas* 8(30):12-16. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/324174477>.
- FAO. 2022. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (en línea, sitio web). Consultado 11 dic. 2022. Disponible en <https://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/>.
- Gil-Palacio, Z. 2020. Servicios ecosistémicos del control natural en el cultivo del café. s.l., Cenicafé. p. 186-203. DOI: https://doi.org/10.38141/10791/0001_8.
- INDOCAFE. 2021. Memoria Institucional 2021 INDOCAFE. Santo Domingo, República Dominicana, s.e.
- Jose, S; Udawatta, RP. 2021. *Agroforestry and ecosystem services*. s.l., Springer International Publishing. p. 1-510. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-80060-4>.
- Llanderal, T; Somarriba, E. 1999. Tipologías de cafetales en Turrialba, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 6(23):30-32.
- López, A; Orozco, L; Somarriba, E; Bonilla, G. 2003. Tipologías y manejo de fincas cafetaleras en los municipios de San Ramón y Matagalpa, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 10(37-38):74-79.
- MEA. 2005. *Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. Washington, D.C., s.e.
- Meylan, L; Gary, C; Allinne, C; Ortiz, J; Jackson, L; Rapidel, B. 2017. Evaluating the effect of shade trees on provision of ecosystem services in intensively managed coffee plantations. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 245:32-42. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.05.005>.
- MIMARENA. 2012. Estudio de uso y cobertura del suelo, 2012. Informe metodológico y resultados. Santo Domingo, DN, s.e.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2022. Plan municipal de desarrollo Rancho Arriba, provincia de San José. Santo Domingo, s.e.

Muschler, R. 1999. Árboles en cafetales. Turrialba, Costa Rica, Centro Tropical de Investigación y Enseñanza. p. 1-141.

Núñez, PA; Méndez, JM; Núñez, AM. 2004. Agroforestería Resultados de Investigación. Santo Domingo, DO, s.e.

Oficina Nacional de Estadísticas. 2021. Tu municipio en Cifras Rancho Arriba.

Orozco, L; López, A; Rojas, M; Somarriba, E. 2005. Tipologías de fincas cafetaleras con sombra de maderables en Pérez Zeledón, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*:86-91.

Pédelahore, P; Bidou, JE; Droy, I; Freguin-Gresh, S; Le Coq, JF; Sibelet, N. 2023. A method to better identify the socio-economic determinants of transformations in agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 97(3):389-400. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-022-00762-7>.

Pérez, AL; Mendoza, M; Rebolledo, A. 2006. Población y ambiente en Coatepec. *Espiral, Estudios sobre Estado y Sociedad* 12(36):163-193.

Ramírez, J; Cerda, R. 2021. Diseño (y rediseño) y manejo de sistemas agroforestales de café. Santo Domingo, RD, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. p. 1-20.

Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Balzarini, MG; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, y CW. 2011. *InfoStat versión 2011*. s.l., s.e., vol.8.

Sathish, BN; Bhavya, CK; Kushalappa, CG; Nanaya, KM; Dhanush, C; Devagiri, GM; Gajendra, C V. 2022. Dynamics of native tree structure and diversity in coffee agroforest: a case study from Central Western Ghats. *Agroforestry Systems* 96(1):161-172. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-021-00713-8>.

Somarriba, E; Ovidio, R; Juan, S; Peñaló, P; Peguero, F; Cerda, R. 2021. Cafetales agroforestales de la República Dominicana. *Serie Técnica 1°*. CATIE (ed.). Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 1-53.

Somarriba, E; Ovidio Sánchez, R; López, A; Diana Álvarez, S; Juan, V; Peñaló, P; Peguero, F. 2021. Tipologías cafetaleras de la República Dominicana: manejo, rendimientos y desempeño financiero. s.l., s.e.

Sosa, VJ; Barrera, FL; Manson, RH; Jiménez, L. 2020. Biodiversidad en cafetales (en línea). Medellín, Ver., México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. p. 361-395. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/343499334>.

Tapia, Y. 2020. Contribución de sistemas agroforestales de café al ingreso y autoconsumo familiar de pequeños productores en República Dominicana. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. p. 1-135.

Villarreyna, RA; Avelino, J; Cerda, R. 2020. Adaptación basada en ecosistemas: efecto de los árboles de sombra sobre servicios ecosistémicos en cafetales. *Agronomía Mesoamericana*. DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v31i2.37591>.

Zúñiga, C; Somarriba, E; Sánchez, V. 2004. Tipologías cafetaleras de la Reserva Natural Miraflores-Moropotente, Estelí, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* (41-42):105-111.